

**PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA HACIENDA BALSORA**

**JHON EDINSON MONTOYA SALAVARRIETA  
JOSÉ MANUEL PRADO POMBO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACION AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS  
NATURALES  
SANTIAGO DE CALI  
2012**

**PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA HACIENDA BALSORA**

**JHON EDINSON MONTOYA SALAVARRIETA  
JOSÉ MANUEL PRADO POMBO**

**Pasantía institucional para optar al título de Administradores del Medio  
Ambiente y de los Recursos Naturales**

**Directores  
ELIZABETH MUÑOZ  
Bióloga, Msc.  
ALEJANDRO SOTO DUQUE  
Ingeniero Químico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACION AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS  
NATURALES  
SANTIAGO DE CALI  
2012**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado en  
cumplimiento de los requisitos exigidos por la  
Universidad Autónoma de Occidente para  
optar al título de Administración del Medio  
Ambiente y de los Recursos Naturales**

**GLORIA AMPARO JIMENEZ**

---

**Jurado**

**SAMMI ANDRESLEYTON FLOR**

---

**Jurado**

**Santiago de Cali, 13 de Diciembre de 2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirnos finalizar con éxito esta etapa tan importante en nuestras vidas.

A nuestros padres por su apoyo incondicional y colaboración durante todo el proceso de aprendizaje.

A los docentes de la Universidad Autónoma de Occidente, Cali, por contribuir día a día con el proceso de aprendizaje y orientación a lo largo de este ciclo.

Al doctor Guido Mauricio López, por el apoyo económico, la disposición de sus predios y por creer en formas de producción sostenible y amigables con el medio ambiente.

A la doctora María Antonieta López Ochoa por su colaboración y asesoría a lo largo del proceso de pasantía.

Al administrador de campo de la Hacienda Balsora Rodrigo Rodríguez, por su colaboración y servicio.

Al Ingeniero Agrónomo Eduardo Gutiérrez, por su colaboración.

A la Bióloga Elizabeth Muñoz por sus aportes académicos y su colaboración.

A la estudiante de diseño industrial Luisa Fernanda Ferreira, por el diseño acertado del manual práctico para la lombricultura.

<b>CONTENIDO</b>	
<b>RESUMEN</b>	<b>Pág. 8</b>
<b>ABSTRAC</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>1.JUSTIFICACION</b>	<b>12</b>
<b>2.OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
<b>3.MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>15</b>
3.1.MARCO TEORICO	15
3.1.1. Plan de manejo ambiental (PMA).	15
3.1.2. Materia orgánica	15
3.1.3. Producción Mas Limpia (PML).	17
3.1.3.1. PML en Colombia	19
3.1.3.2 Beneficios de PML	20
3.1.4. Granjas integrales.	23
3.1.4.1. Modelos de sistemas alternativos para Fincas Tradicionales.	25
3.1.4.2. La lombricultura	26
3.1.4.3. La Pirolización	34
3.2.CASO HACIENDA JUDEA	39
3.3.MARCO LEGAL	41
<b>4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>44</b>
4.1.AREA DE ESTUIDO	44
4.1.1. Localización	44
4.1.2. Descripción Biofísica del Predio	45
4.2.MARCO CONTEXTUAL	46
4.3 DIAGNOSTICO	48
4.3.1. Manejo de la Planta de Lombricompostaje.	54
4.3.2. Procedimiento.	55
4.4. BIO-CARBON	61
4.4.1. Importancia Económica	62
4.4.2. Importancia Ambiental	62
4.5. RECURSOS Y MATERIALES	63
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOTECA</b>	<b>66</b>

## **LISTA DE CUADROS**

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1. Lombricultura intensiva y compost con lombrices</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro 2. Parámetros base.</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro 3. productos derivados del proceso de pirólisis</b>	<b>34</b>
<b>Cuadro 4. Puntos de origen de materia orgánica</b>	<b>48</b>
<b>Cuadro 5. Caracterización del material orgánico.</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 6. Análisis del peso de las carretas con material orgánico.</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 7. costos totales de la construcción y materiales de la planta de lombricompostaje.</b>	<b>53</b>
<b>Cuadro 8. Material utilizado para la construcción</b>	<b>53</b>
<b>Cuadro 9. Análisis de parámetros del lombricompostaje.</b>	<b>54</b>
<b>Cuadro 10. Costos del mantenimiento de la planta de lombricompostaje</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro 11. Estado de resultados</b>	<b>60</b>
<b>Cuadro 12: Análisis costo/beneficio</b>	<b>61</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1: Principios fundamentales de la producción más limpia</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2: Costos y beneficios de la producción más limpia</b>	<b>21</b>
<b>Figura 3: Beneficios del biochar</b>	<b>37</b>
<b>Figura 4. Mapa Ubicacion de Candelaria en el Valle del Cauca</b>	<b>44</b>
<b>Figura 5. Mapa Georeferenciacion Hacienda Balsora</b>	<b>45</b>
<b>Figura 6: Canecas para separación</b>	<b>50</b>
<b>Figura 7. Área para la construcción de la planta para lombricompostaje</b>	<b>51</b>
<b>Figura 8. Construcción de la planta.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 9. Planta para lombricompostaje terminada</b>	<b>52</b>
<b>Figura 10. Planta para lombricompostaje terminada</b>	<b>53</b>
<b>Figura 11. Lombriz roja californiana (Eisenia Foetida)</b>	<b>55</b>
<b>Figura 12. Peachímetro</b>	<b>56</b>
<b>Figura 13. Termómetro</b>	<b>56</b>
<b>Figura 14. Grafico Análisis de Temperatura julio - agosto.</b>	<b>57</b>
<b>Figura 15. Pilas en forma triangular o piramidal.</b>	<b>58</b>
<b>Figura 16. Grafico Análisis de Temperatura septiembre</b>	<b>58</b>
<b>Figura 17 Grafico Análisis de pH julio - agosto - septiembre</b>	<b>59</b>
<b>Figura 18. Grafico Análisis de humedad julio - agosto - septiembre</b>	<b>59</b>
<b>Figura 19. Horno pirólizador terminado</b>	<b>63</b>

## RESUMEN

Este documento presenta la formulación de un programa de manejo ambiental para la transformación de la materia orgánica proveniente de las actividades productivas de la Hacienda Balsora, (frutales, pesebreras, cocinas, podas de jardín y residuos derivados del cultivo de caña) planteando programas y procedimientos enfocados en los principios de la producción más limpia y la sostenibilidad, con el objetivo de aprovechar eficientemente los residuos generados, y así mejorar las características físicas de los suelos.

Se plantean unos programas de transformación y aprovechamiento de la materia orgánica, con el fin de disminuir los impactos negativos causados por la disposición inadecuada de los residuos sólidos, se realiza un diagnóstico para identificar los puntos de origen y se caracterizan los diferentes residuos para tener una idea de la cantidad a transformar y del tiempo requerido. Los programas planteados son: construcción de camas para el lombricompost, construcción del horno pirolizador para la generación de biocarbon y la aplicación de residuos orgánicos en las diferentes zonas arenosas presentes en el cultivo de caña para una degradación natural, con el fin de aportar materia orgánica al suelo y mejorar su estructura.

**Palabras claves:** Transformación, materia orgánica, producción más limpia, sostenibilidad, lombricompost, bio-Carbon.



## ABSTRACT

In this document presents the development of an environmental management program for the transformation of organic matter from the productive activities in the Balsora Farm (fruit trees, horse stables, kitchens, garden prunings and crop residues from sugar cane) developing programs and procedures based on the cleaner production and sustainability in order to make efficient use of waste, and improve the physical characteristics of the soil.

Some programs are proposed transformation and utilization of organic matter, in order to reduce the negative impacts caused for the bad disposition of solid waste, a diagnosis is made to identify the points of origin and characterized the different waste making and idea of the amount and the time required to transform. The programs posed are: the construction of vermicomposting beds, construction of pyrolyzed furnace for generating and applying biochar organic waste in different sandy areas present in the crop for sugar cane for natural degradation in order to provide organic matter to the soil and improve its structure.

**Key words:** transformation, organic matter, cleaner production, sustainability, vermicomposting, biochar.

## INTRODUCCIÓN

Las diferentes presiones antrópicas a las que han estado sometidos los suelos colombianos, especialmente los suelos relacionados con actividades de producción agropecuaria, nos han llevado a pensar en rediseñar e integrar la parte ambiental, especialmente en la producción agrícola, articulando los principios de la producción mas limpia, y así buscando devolver al ciclo productivo los “residuos” derivados de las diferentes actividades que generan impactos negativos al medio ambiente. Por eso es de suma importancia tener un diagnostico de carácter industrial donde se tenga en cuenta, todo tipo de aspectos: legales, ambientales, técnicos y sociales para tener caracterizado sus sistemas productivos y así proponer soluciones no convencionales enfocadas en el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación.

El sector azucarero es uno de los sectores productivos que en la actualidad genera mayores impactos tanto ambientales como sociales (bajas tasas de empleo, degradación de suelos, perdida de biodiversidad, deforestación, emisiones y contaminación del recurso hídrico). Según Guido Mauricio López Ochoa, presidente de PROCANA “los residuos de cosecha derivados del cultivo de caña representan más de sesenta toneladas por hectárea. Entonces imaginémonos, o más bien, apliquemos prácticas para usar de manera adecuada estos residuos, no solamente los ya conocidos como producir alimento animal, hacer compostaje o aglomerados, sino convertirlos en biocarbón, cogenerar energía y producir biocombustibles, además de otras opciones que permitan la generación de empleo”. Es evidente la necesidad de generar propuestas integrales, en las que se tengan en cuenta todos los factores que afectan tanto directa como indirectamente los recursos naturales, contribuyendo al desarrollo de los pilares de la sostenibilidad: social, económico y ambiental.

Es por esto que este programa esta enfocado al uso eficiente de los residuos provenientes de todas las actividades productivas, rompiendo el paradigma que el cultivo de la caña es uno de los grandes depredadores ambientales del Valle del Cauca, teniendo en cuenta “que mas de un millón de personas en el valle geográfico del rio cauca dependen de esta agroindustria”<sup>1</sup>. Esta propuesta busca dar solución a alguno de los impactos ambientales, imitando los sistemas naturales, los cuales logran un gran equilibrio e interacción entre si (sistemas y subsistemas), buscando que los residuos derivados de un proceso, es decir, la materia orgánica, sea el

---

<sup>1</sup> LOPEZ OCHOA, Guido Mauricio. XXXIX Asamblea anual ordinaria de la asociacion Colombiana de productores y proveedores de caña de azúcar. Cali. Revista Procaña, Junio 2012, edición 98, págs. 4 - 7

insumo para otro proceso. Para esto es necesario la articulación de estrategias de producción más limpia, los principios del manejo ambiental y los objetivos de las granjas integrales y así lograr la sostenibilidad y cerrar los ciclos ambientales, aprovechando eficientemente la materia orgánica para mejorar las características físicas y químicas del suelo.

## 1. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la humanidad ha logrado grandes avances tecnológicos que en otras épocas eran inimaginables, tanto así, que el tiempo esperado de vida ha pasado de los 60 años promedio a casi los 90 años de vida por persona. Estos avances no siempre han mejorado la calidad de vida de la humanidad, en algunos casos han generado impactos relevantes como: las emisiones atmosféricas, los gases de efecto invernadero, la degradación de los suelos etc. por ese motivo la gestión ambiental dentro de las funciones de un Administrador Ambiental son tan necesarias en la actualidad, ya que por medio de la articulación de diferentes métodos logramos proponer soluciones a los problemas causados por los diferentes avances tecnológicos.

Por otro lado el esquema de apertura económica e internacionalización de los mercados por el que atraviesa el país con el TLC, CALENTAMIENTO GLOBAL, LA DEFORESTACIÓN Y EL CONFLICTO DEL USO DEL SUELO, implica que las actividades productivas deben mejorar su eficiencia de producción con un enfoque ambiental de producción ecológica sostenible, NO extractiva, por ese motivo es de total interés el estudio de sistemas alternativos de producción.

Colombia tiene un gran reto, y es la internacionalización de sus productos (competitividad), para lograr desarrollar este gran paso es necesario cumplir con la normatividad y los estándares internacionales, es por esto que nos vemos en la necesidad de proponer esquemas diferentes al tradicional, en el cual, se implementen sistemas y estrategias de producción más limpia que se enfoquen en mantener e incrementar la productividad y la calidad por unidad de área, teniendo en cuenta la conservación de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible, los cuales se convierten para los administradores ambientales en objetivos fundamentales de trabajo, no solo en el campo agropecuario, si no en todos los sectores productivos del país.

En este contexto y con el propósito que en un futuro no muy lejano se pueda mostrar una cara más amable de la producción agropecuaria de Colombia con el medio ambiente, el uso adecuado de los suelos y una participación permanente de la comunidad actual y futura.

El presente documento tiene como objetivo la realización de un plan de manejo ambiental para la hacienda Balsora, enfocado en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la transformación y posterior reincorporación a las

diferentes procesos productivos. Este plan de manejo surge de la necesidad de reutilizar eficientemente los residuos orgánicos encontrados y generados por jardines, frutales, materia orgánica animal como principales fuentes para la transformación. Por otra parte se busca aprovechar el potencial de las 6 hectáreas desaprovechadas del guadual como fuente principal de generación de material orgánico vegetal y aprovechamiento sostenible como generador de ingresos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Programa de manejo ambiental enfocado en la transformación de materia orgánica generada en la Hacienda Balsora.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar los residuos orgánicos encontrados y derivados de las distintas actividades productivas en la Hacienda Balsora.
- Estructurar e implementar, lombricompuestos para la transformación de los residuos orgánicos.
- Estructurar el proceso productivo para la generación de Biocarbón.

### 3. MARCOS DE REFERENCIA

#### 3.1. MARCO TEÓRICO

**3.1.1. Plan de manejo ambiental (PMA).** Según la corporación autónoma de magdalena un plan de manejo ambiental es... “el documento que producto de una evaluación ambiental establece, de manera detallada, las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales negativos que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad...”<sup>2</sup>

El Plan de Manejo Ambiental debe partir de los POMCH (plan de ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas) y los POT (plan de ordenamiento territorial), ya que en estos se contempla el uso de los suelos según sus características físicas y químicas, su vocación para el desarrollo y el apropiado manejo del territorio sin afectar los recursos naturales que se encuentran en el.

El plan de manejo ambiental contempla los riesgos ambientales que implican dichas actividades agrícolas, pecuarias, de desarrollo, mercantiles etc. Precisando aquellos procedimientos críticos que los ocasionan y se establezcan medidas preventivas que los controle, mitigue, prevenga o elimine, además, busca examinar el estado de cada uno de los recursos naturales tomando decisiones sobre el uso sostenible y conservación de los mismos.

**3.1.2. Materia orgánica.** La materia orgánica puede definirse como “la totalidad de sustancias orgánicas presentes en el suelo, (restos animales o vegetales) en diferentes estados de transformación, exudados radicales, aportes orgánicos externos (estiércol y compost) y productos xenobioticos, así como organismos edáficos y los productos resultantes de su senescencia y metabolismo.”<sup>3</sup>

Contribuye con el desarrollo y crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, (promueve una buena estructura, beneficia la

---

<sup>2</sup> Corporación Autónoma de Magdalena (CORPOMAG). Plan de manejo ambiental. [en línea] 2011. [citado el 12 de junio de 2012] Disponible en la página de Internet: [http://www.corpamag.gov.co/index.php?Itemid=84&id=64&option=com\\_content&task=view](http://www.corpamag.gov.co/index.php?Itemid=84&id=64&option=com_content&task=view)

<sup>3</sup> LABRADOR Moreno, Juana. La materia orgánica en los agrosistemas. España, 1996. P 21.

retención de agua y facilita las labores de labranza y aireación) químicas (aporte de nutrientes primarios: Nitrógeno, Fosforo y Potasio) y biológicas del suelo. (beneficia la actividad de la microflora y la microfauna), además, facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas.<sup>4</sup>

La materia orgánica no es la misma en todos los suelos. El tipo de vegetación, la naturaleza de la población microbiológica del suelo, el tipo de drenaje, la lluvia, la temperatura, y el manejo del suelo desde el punto de vista agrícola, afectan el tipo y la cantidad de materia orgánica presente en el suelo.<sup>5</sup>

El suelo contiene materiales orgánicos vivos y muertos, de tamaño que varia desde partículas submicroscopicas hasta las grandes raíces de los arboles. Su composición puede clasificarse de formas distintas, dependiendo del origen o de la naturaleza química de los materiales. Desde el punto de vista del origen, pueden considerarse los siguientes grupos representativos:

- Macroorganismos vivos.
- Restos de macroorganismos, muertos pero identificables.
- Microorganismos vivos.
- Materiales orgánicos muertos y finamente divididos.<sup>6</sup>

#### **Las principales fuentes de materia orgánica son:**

- Residuos actividad ganadera: Estiércoles, orines, pelos, plumas, huesos, etc.;
- Residuos actividad agrícola: Restos de cultivos, podas de árboles y arbustos, malezas, etc.
- Residuos actividad forestal: Aserrín, hojas, ramas y ceniza;
- Residuos actividad industrial: Pulpa de café, bagazo de la caña de azúcar etc.;

---

<sup>4</sup> La materia orgánica del suelo. Ing. Agr. Alfredo Silva [en línea] . [citado el 25 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/cursos/Material%20de%20lectura/Materia%20Organica/organica.pdf>

<sup>5</sup> DE LAS SALAS, Gonzalo. La materia orgánica del suelo. Costa rica, 1981. p 2.

<sup>6</sup> THOMPSON, Louis M. y TROEH, Frederick R. Los Suelos y Su Fertilidad. Editorial Reberté. España, 1998. p 137-140.



- Residuos actividad urbana: Basura doméstica, aguas residuales y materias fecales;
- Abonos orgánicos preparados: Compost, estiércol, bocaschi, humus de lombrices, mulch, abono verde, etc.<sup>7</sup>

Por otro lado, el termino humus generalmente se utiliza como un sinónimo de materia orgánica del suelo, pero, su significado estricto se refiere a “sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal.”<sup>8</sup>

La cantidad de humus en el suelo depende de muchos factores, tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo y su velocidad de oxidación química y biológica, la velocidad de descomposición de la materia orgánica existente ya en el suelo, la textura del suelo, la aireación, humedad y los factores climáticos.<sup>9</sup>

**3.1.3. Producción Mas Limpia (PML).** El término de Producción Más Limpia (PML) fue aceptado en la Conferencia Mundial de Río como una estrategia importante en el camino hacia el desarrollo sostenible y el desarrollo industrial sostenible, cuenta con un principio básico que dice “la contaminación que no existe no necesita eliminarse”.<sup>10</sup>

La producción más limpia se define como “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente.”<sup>11</sup>

---

<sup>7</sup> La importancia de la materia orgánica en los suelos. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Editorial Andrea Bachelet. Republica Dominicana. 2008.

<sup>8</sup> GROS, A. Y DOMÍNGUEZ, A. Abonos guía práctica de la fertilización. 8va. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España, 1992. p 450.

<sup>9</sup> JULCA Otiniano, Alberto. Et al. LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIAS DE SU USO EN LA AGRICULTURA. Chile, 2006. P 49-61. Revista IDESA. Vol. 24 N. 1.

<sup>10</sup> Querney, Hugo. El ecodiseño como propuesta para el futuro ecológico. El Cid Editor Argentina, 2009. p 8.

<sup>11</sup> Manual de producción mas limpia. [En línea] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. (ONUDI) [citado el 18 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet:

Involucra las entradas y salidas del proceso de producción de bienes y/o servicios. En la entradas involucra el uso eficiente de materias primas e insumos (agua, energía, etc.), por consiguiente, no debe considerarse únicamente como una estrategia ambiental, pues también se relaciona con la optimización de recursos, luego, es además, una estrategia económica. Por otro lado, en las salidas considera la reducción de la cantidad y toxicidad de las emisiones derivadas del proceso productivo y su correcta disposición final. En resumen, la PML se relaciona directamente a las medidas preventivas, correctivas y de mitigación adoptadas dentro de las organizaciones productoras de bienes y servicios.<sup>12</sup>

La PML se puede aplicar a los procesos usados en cualquier industria, a los productos mismos y a los distintos servicios que proporciona la sociedad.<sup>13</sup> Esta se basa en la integración de unos principios que se articulan para lograr el cumplimiento de las metas trazadas, como se muestra en el siguiente grafico.

**Figura 3: Principios fundamentales de la producción más limpia**



**Fuente:** GÓMEZ Gallo, María Helena. et al, 2006.

[http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Environmental\\_Management/CP\\_TooKit\\_spanish/PR-Volume\\_01/1-Textbook.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_TooKit_spanish/PR-Volume_01/1-Textbook.pdf)

<sup>12</sup> MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política Nacional de Producción Más Limpia. Editorial Gente Nueva. Santa fe de Bogotá, 1997. Primera Edición. p 29.

<sup>13</sup> GÓMEZ Gallo, María Helena. et al. Manual de introducción a la producción más limpia en la industria. Centro Nacional de Producción más limpia. Colombia. 2006. p 12.

**3.1.3.1. PML en Colombia.** En Colombia en primera instancia se destaca la aprobación de la nueva constitución política en 1991 que incluye nuevos derechos y mecanismos judiciales para la protección ambiental. Como resultado de esta nueva constitución, la asociación nacional de empresarios de Colombia formaliza su comité ambiental en una gerencia nacional en el año de 1992, para anticiparse al nuevo marco de la política ambiental.<sup>14</sup>

Posteriormente, el gobierno nacional formula la ley que daría paso en 1993, al ministerio de medio ambiente y al sistema nacional ambiental (SINA) Como parte de su implementación del Plan Nacional de Desarrollo (1994-1998).

En 1996 se firmaron los primeros acuerdos y convenios de producción más limpia (Asocaña, Mamonal, entre otros) en los cuales se obtuvieron acuerdos para el trabajo conjunto entre la industria y la autoridad ambiental. Estos acuerdos se desarrollaron como agendas de trabajo en las cuales se recogían inquietudes y propósitos de los diferentes sectores productivos y la autoridad ambiental, pero estuvieron limitados por la ausencia de una línea base de información en la cual se pudieran incluir metas de desempeño.<sup>15</sup>

La Política de Producción más Limpia en sus primeros años realizó un genuino esfuerzo para articularse con las políticas sectoriales, tema que hoy se reactiva con la propuesta de diversas agendas interministeriales. No obstante, queda con una gran deuda al no haber encontrado mecanismos y puntos de encuentro con un socio que parecía en un principio obvio: el Sistema de Nacional de Ciencia y Tecnología.

En cuanto el sector de servicios en este caso los laboratorios clínicos ya existen reconocimientos como lo es hospital verde que es para las instituciones que mantienen la variable ambiental de forma continua en la prestación de sus servicios de salud, y que a su vez trabaja en toda su cadena de valor, tanto con proveedores como con usuarios para aportar al desarrollo sostenible. Durante las 4 versiones del programa Hospital Verde ejecutadas en el Departamento de Santander, se han implantado en las instituciones alrededor de

---

<sup>14</sup> CARDONA pareja, Raúl Alexander, *et al.* Fortalecimiento del desempeño ambiental empresarial, a través del programa de producción más limpia y consumo sostenible del Área Metropolitana del Valle de Aburra. Revista producción + limpia. Julio – Diciembre 2010. Vol. 5 No. 2. p. 10–14.

<sup>15</sup> VAN HOOFF, Bart y HERRERA, Carlos Manuel. La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. Colombia, Noviembre 2007. Revista de Ingeniería. No. 26, p. 101-120.

820 opciones de producción más limpia, centradas en la ejecución de programas de uso eficiente de agua y energía, gestión integral de residuos sólidos, líquidos y el manejo adecuado de productos químicos, entre otros, importantes.<sup>16</sup>

Los ejes de la Acreditación en Salud son la seguridad del paciente, la humanización, la gestión de la tecnología y el enfoque de riesgo. Cuando una institución asume el desafío de prepararse para la acreditación en salud, acepta en forma voluntaria el reto de auto evaluarse y cumplir los requisitos de ingreso al sistema. Como entidad acreditadora, ICONTEC lidera el proceso de transformación cultural de las organizaciones del sector, promoviendo la participación voluntaria y consciente de las empresas del sector.<sup>17</sup>

Después de más de diez años de implementación de la política de producción más limpia en Colombia (1997–2009) se han obtenido importantes avances, entre los que se destacan la generación de proyectos demostrativos, la creación del Centro Nacional de Producción Más Limpia, 5 nodos regionales y ventanillas ambientales, la suscripción de 67 convenios de producción más limpia en el país y la aplicación de incentivos tributarios para promover la inversión ambiental.<sup>18</sup>

**3.1.3.2. Beneficios de PML.** Como en cualquier inversión, la decisión de invertir en producción más limpia depende de la relación costo-beneficio. Al comparar los cambios que se generan en la estructura de costos totales, cuando se decide invertir en producción más limpia, se obtienen resultados en los cuales los costos disminuyen significativamente, debido a los beneficios generados a partir del aumento en la eficiencia de los procesos, los ahorros en el consumo de materias primas y energía, y la disminución de residuos y emisiones contaminantes.<sup>19</sup>

En muchos casos es posible cuantificar los beneficios netos que se derivan de la implementación de estrategias de producción mas limpia, ya que la mayoría de las

---

<sup>16</sup> FOSCAL, Hospital Verde con Excelencia. [En línea] febrero 2011. Fundación oftalmológica de Santander, Clínica Carlos Ardila Lule. (FOSCAL) [citado el 19 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.foscal.com.co/prensa/noticias/foscal-hospital-verde-con-excelencia>

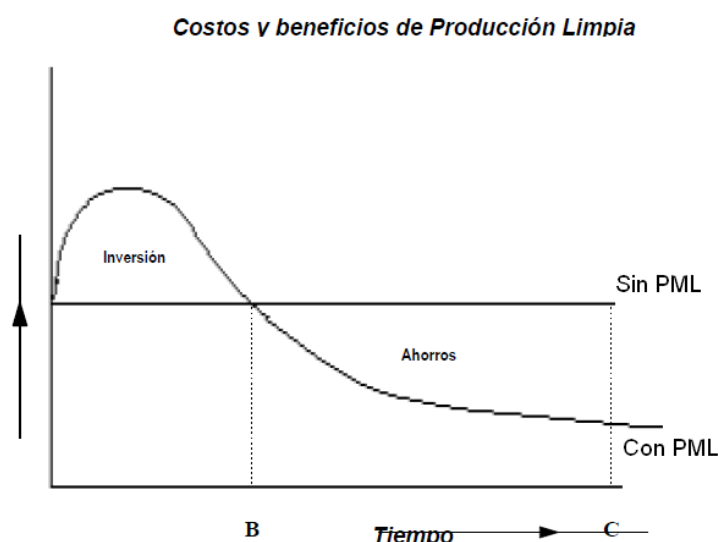
<sup>17</sup> HERRERA, Carlos Manuel. La Evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia 1992-2007. Octubre del 2007.

<sup>18</sup> CARDONA pareja, Raúl Alexander, *et al.* Fortalecimiento del desempeño ambiental empresarial, a través del programa de producción más limpia y consumo sostenible del Área Metropolitana del Valle de Aburra. Revista producción + limpia. Julio – Diciembre 2010. Vol. 5 No. 2. p. 10–14.

<sup>19</sup> Ministerio del medio ambiente. Op cit., p 19 – 20.

veces, los beneficios se explican por medio de mayores eficiencias en el uso de materias primas e insumos y por la reducción de residuos, lo que genera una disminución en los costos de tratamiento y disposición final. Sin embargo, existen algunos beneficios derivados de la aplicación de estrategias de producción más limpia que no pueden ser cuantificados económicamente, tales como, el cumplimiento de la normatividad, cumplimiento de requisitos ambientales, mejoras de la empresa relacionadas con las comunidades vecinas y disminución a la exposición de contaminantes por parte de los trabajadores.<sup>20</sup>

**Figura 4: Costos y beneficios de la producción más limpia.**



**Fuente:** Ministerio del medio ambiente, 1997.

Sin inversión en producción más limpia, los costos totales no presentan variaciones sustanciales en el tiempo, comportamiento que se puede representar por la línea horizontal. Cuando se toma la decisión de invertir en producción más limpia, al principio, las inversiones son significativas, producto de las adaptaciones de estas nuevas tecnologías limpias al proceso productivo. A largo plazo los costos totales disminuyen, obteniendo así los rendimientos esperados de esta inversión. Gráficamente estos ahorros en la estructura de costos se representan como la diferencia entre las dos curvas (curva sin PML y curva con PML).<sup>21</sup>

Según el Centro Nacional de Producción Mas Limpia de Panamá los beneficios

<sup>20</sup> Producción más limpia. Induambiental. [en línea]. [citado el 12 de junio de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=182211>

<sup>21</sup> Ministerio del medio ambiente. Op cit., p 20.

económicos y ambientales de la implementación de estrategias de producción mas limpia, se ven reflejados en los diferentes sistemas de la empresa, los cuales influyen directamente en su rentabilidad y en la conservación del medio ambiente, estos beneficios pueden ser:

#### ❖ **Beneficios Financieros**

+ Reducción de costos, por optimización del uso de las materias primas.

+ Ahorro, por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.)

+ Menores niveles de inversión asociados a tratamiento y/o disposición final de desechos.

+ Aumento de las ganancias.

#### ❖ **Beneficios Operacionales**

- Aumenta la eficiencia de los procesos.
- Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad.
- Reduce la generación de los desechos.
- Efecto positivo en la motivación del personal.

#### **Beneficios Comerciales**

- Permite comercializar mejor los productos posicionados y diversificar nuevas líneas de productos.

- Mejora la imagen corporativa de la empresa.
- Logra el acceso a nuevos mercados.
- Aumento de ventas y margen de ganancias.<sup>22</sup>

#### ❖ **Beneficios ambientales.**

- Logra niveles bajos de contaminación y de riesgos ambientales, generando soluciones en la fuente y no al final del tubo.
- Disminuye la presión sobre los recursos naturales.
- Promueve los principios de la sustentabilidad y conservación.

**3.1.4. Granjas integrales.** “Las granjas, durante miles de años, sostenían en todas sus necesidades a comunidades humanas, egipcias, amerindias, dinastías chinas y pueblos con distintas culturas en el planeta, fundando su desarrollo en el conocimiento de las necesidades de la familia y el respeto al medio ambiente, produciendo alimentos sanos y en abundancia, no solo para ellos sino que comercializaban los excedentes a sus vecinos y en poblaciones cercanas, todo lo cual ocurría hasta prácticamente ochenta años atrás. Hoy el modelo financiero – industrial -globalizado ha generado beneficios indiscutibles, pero en gran parte de la población se ha generado, entre otros problemas, la marginación que sufren grandes comunidades repartidas en todo el planeta, poniendo en riesgo su propia existencia, sin tener posibilidades de auto-gestionar sus propias necesidades, y provocando un impacto ambiental con características sorprendentes”.<sup>23</sup>

la granja integral autosuficiente es un proyecto de vida para las familias asentadas en el campo, que además de asegurar una alimentación abundante y rica en proteínas, vitaminas y minerales, es fuente de trabajo e ingresos (si se comercializan los excedentes) y de permanente aprendizaje producto de la

---

<sup>22</sup> ¿Que es la producción mas limpia?. [En línea] Centro Nacional de Producción Mas Limpia de Panamá. [citado el 5 de agosto de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.cnpml.org.pa/portal/quienes-somos.html>

<sup>23</sup> Gutiérrez Moreno, Pascual David; Varela Córdoba, Paulo José; Reuman, Ricardo. Beraca XXI, al encuentro de nuestra vocación agrícola. Memorias Universidad 2008. Cuba, 2010. Editorial Universitaria. p 5.

observación y apropiación del entorno. La granja tiene la ventaja adicional de ser duradera, pues al respetar el medio y aprovecharlo racional cuidadosamente, las tecnologías que se aplican no fuerzan ni agotan los recursos naturales de la granja. Por el contrario, cada uno de sus elementos se planea y encadena en un engranaje singular de aprovechamiento de los sobrantes para evitar la contaminación.<sup>24</sup>

Para que la granja sea un éxito, hay unos aspectos que se deben tomar en cuenta:

- Que tenga diversidad de suelos (fértils), agrícolas y pecuarios.
- Rotación de cultivos, los monocultivos deterioran el suelo dejándolo inservible y su recuperación requiere de mucho tiempo
- Se recomienda la siembra de frutales, hortalizas, plantas forrajeras, leguminosas, cereales y plantas medicinales
- Se debe tener un número limitado de animales
- Uso de insumos que produzca la misma granja
- Implementar un sistema de recolección de aguas lluvias para uso en viviendas gallineros y establos.
- Se recomienda poner hojas secas alrededor de los cultivos para mantener la humedad de los suelos.

“En una granja integral es importante incorporar cultivos, considerando su ciclo, requerimientos de riego, de mano de obra y de otros insumos, consumo familiar y sus posibilidades en el mercado. En cada lote de los cultivos sembrados se deben seleccionar plantas vigorosas y sanas para la producción de semillas”.<sup>25</sup>

Para lograr un equilibrio y un aprovechamiento integral de nuestros cultivos es necesario tener en cuenta los siguientes principios:

---

<sup>24</sup> Palomino Aguirre, Sandra. Manual: Granja Integral Autosuficiente. Colombia, 2004. p 10.

<sup>25</sup> La granja integral una alternativa para productores. Gallardo, Miriam [En línea]. Venezuela 1995. [citado el 29 de febrero de 2012] Disponible en la página de Internet:

[http://www.biblioteca.cotecnova.edu.co/material\\_biblioteca/agropecuaria/fernandogomez/LaGranjaIntegralunaalternativaparapequenosproductores.htm](http://www.biblioteca.cotecnova.edu.co/material_biblioteca/agropecuaria/fernandogomez/LaGranjaIntegralunaalternativaparapequenosproductores.htm)



- La naturaleza debe ser entendida como un todo, es decir, que los componentes de la granja (agua, suelo, aire, plantas, animales y hombre) interaccionan entre sí y que las modificaciones a uno de ellos repercute directa o indirectamente en el resto; por ello, los productores deben trabajar a favor de cada uno de los componentes;
- El productor debe aumentar la diversidad de componentes de la unidad de producción: diversidad de plantas, animales y condiciones de producción;
- El suelo, el agua y el aire deben conservarse limpios y enfatizar su mejoramiento o reciclaje con prácticas diversas.<sup>26</sup>

En conclusión las granjas integrales ayudan a disminuir el impacto ambiental, ya que aprovecha sosteniblemente los recursos que se producen, además, su uso es rentable.<sup>27</sup>

**3.1.4.1. Modelos de sistemas alternativos para Fincas Tradicionales.** Históricamente el campesinado de los Andes colombianos, ha participado activamente en los procesos económicos y productivos mostrando una extraordinaria capacidad de adaptación socioeconómica y productiva.

Se elaboro una investigación que analizo las potencialidades de los sistemas de producción rurales alternativos en congenidad de campesinos de la zona he indígenas (Asproinca) en la parte rural de Riosucio en términos de variabilidad económica, ecológica, ambiental y cultural y sus influencias en los sistemas ganaderos.

Se encontró que este modelo se basaba en la diversificación, la integración de

---

<sup>26</sup> La granja ecológica integral. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACION [En línea]. México s/f [citado el 20 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/La%20granja%20ecológica%20integral.pdf>

<sup>27</sup> BARRERA, Gilma Inés y PALOMINO Aguirre, Sandra. Granja integral autosuficiente. Colombia, 2004. p 353.

componentes de la finca mediante el reciclaje interno de productos de cosecha y otros residuos, la eliminación de fugas, la optimización en el uso de recursos propios y Locales. Dando muestras de incrementos importantes en la capacidad de carga animal.<sup>28</sup>

Algunos análisis culturales, naturales y socioeconómicos permitieron entender algunos aspectos de la ecología de los sistemas de producción: La diversificación e integración son claves para el manejo ecológico de sistemas. La siembra de forrajes para alimentación animal y de otras especies para la división de potreros, cultivos, linderos y el manejo de especies multipropósito (especies de control biológico y doble propósito), contribuye a enriquecer la biodiversidad cultivada, con efectos benéficos en términos de coberturas del suelo. La diversificación e integración de los componentes del sistema de producción son claves para la viabilidad ambiental de los sistemas alternativos.

El éxito de los sistemas alternativos se evidencia en la generación de empleo y retención de población en el campo. La viabilidad cultural crece mientras el resultado sea un retorno equitativo de los beneficios, para todos los que aportan y se democratice el proceso de toma de decisiones. Lo anterior depende de los tipos de familia y las tradiciones familiares de trabajo. El papel de las redes familiares de productores y organizaciones de apoyo es clave.<sup>29</sup>

**3.1.4.2. La lombricultura.** La lombricultura consiste en la cría y producción masiva de lombrices para la obtención de material orgánico (excremento) llamado humus de lombriz o lombrihumus, que es un fertilizante orgánico, muy estable, que no se pudre ni se fermenta, posee alta carga microbiana, la cual se encarga de proteger la raíz de otro tipo de bacterias patógenas u nematodos, esta relación raíces-microbios hace que aumente la disponibilidad de nutrientes asimilables que ayudan al desarrollo de las plantas.<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> ¿Exclusión o recomposición del campesinado en América Latina?, Viabilidad cultural y ambiental de sistemas de producción rurales. El caso de Asproinca en Riosucio - Supía. Colombia. Corrales Roa, Elcy. [En línea] Colombia, 2007.[Citado el 28 de abril del 2012] Disponible en la página de Internet:

<http://www.reseau-amerique-latine.fr/ceisal-bruxelles/RUR/RUR-1-CORRALES.pdf>

<sup>29</sup> La granja integral una alternativa para productores. Gallardo, Miriam [En línea].Venezuela 1995. [citado el 29 de febrero de 2012] Disponible en la página de Internet:

[http://www.biblioteca.cotecnova.edu.co/material\\_biblioteca/agropecuaria/fernandogomez/LaGranjaIntegralunaalternativaparapequenosproductores.htm](http://www.biblioteca.cotecnova.edu.co/material_biblioteca/agropecuaria/fernandogomez/LaGranjaIntegralunaalternativaparapequenosproductores.htm)

<sup>30</sup> Lombricultura: desarrollo sostenible. Cuba: Editorial Universitaria, 2007. p 3.

La Lombricultura ofrece una gran alternativa en el manejo de desechos altamente contaminantes, además, agiliza el proceso de degradación de materia orgánica y mejora su calidad en el.<sup>31</sup>

### **Objetivos de la lombricultura**

- ✓ Obtener abono orgánico biológicamente activo (casting) para mejorar la fertilidad del suelo.
- ✓ Biodegradación de residuales, con la consiguiente eliminación ecológica de éstos.
- ✓ Descontaminación ambiental y obtención de productos inocuos.
- ✓ Obtención de proteína animal no convencional de alta calidad biológica.
- ✓ Extracción de fármacos.
- ✓ Carnada para pesca deportiva.<sup>32</sup>

### **Beneficios de la lombricultura**

“El producto intestinal de la lombriz tiene 5 veces más nitrógeno; 7 veces más fósforo; 5 veces más potasio y 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron”.<sup>33</sup> El lombricompuesto puede ser almacenado por largos periodos de tiempo sin que sus propiedades físicas y químicas se vean alteradas, pero es necesario mantenerlo en condiciones óptimas de humedad de un 40%. Algunos de los beneficios que nos brinda este fertilizante son:

---

<sup>31</sup> BARBADO, José Luis, Cría de lombrices. Argentina, 2003 p 84.

<sup>32</sup> Editorial Universitaria, Op. cit., p 3.

<sup>33</sup> Cría de lombrices. jumaguismo, [En línea] 2009. [Citado el 15 de marzo del 2011] Disponible en la página de Internet: <http://jumaguismo.tripod.com/lombrices.html>

- Protege de enfermedades
- Mayor desarrollo en la altura de las plantas, árboles y arbustos
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Debido a su color oscuro, retiene más energía calorífica.<sup>34</sup>

### **Efectos en el Suelo:**

El humus actúa en el suelo dándole ciertas características que benefician tanto su composición física como en la química, algunas de estas son:

- ✓ Es una fuente nutricional y energética de los microorganismos edáficos, ya que los microorganismos son la base de la vida de los suelos, y de ellos depende muchos procesos que en ellos suceden.
- ✓ Regulador de la nutrición vegetal, pues suministra micro y macro nutrientes. El humus no proporciona todo el requerimiento nutritivo que la planta necesita para su normal desarrollo, la presencia de humus favorecen y regulan la nutrición vegetal.
- ✓ Favorece la formación de agregados estables, actuando conjuntamente entre la arcilla y el humus que dan origen a una estructura definida, ya que el humus contiene sustancias mucilaginosas, secretadas por la población micro-orgánica, que son absorbidas en las superficies de los minerales arcillosos, lo que permite la agregación y cohesión de las partículas del suelo.
- ✓ Aumenta la capacidad de retención de humedad, entre 1300 a 1500 cm cúbicos, de agua por kilogramo de suelo seco, un suelo con una buena capacidad de retención de agua retiene tan solo 250 cm cúbicos.

---

<sup>34</sup> SCHULDT, Miguel. Lombricultura: teoría y práctica. Madrid España, 2004.

- ✓ Regula y mejora la velocidad de infiltración del agua, evitando la erosión producida por el escurrimiento superficial del agua y con ello la erosión hídrica.
- ✓ Modera los cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos que llegan a el por contaminación, ya que un suelo que posea un alto nivel de materia orgánica humificada se encuentra con mayores defensas frente a invasiones bacterianas y fúngicas tóxicas para las plantas, regulando además los cambios bruscos.
- ✓ Optimizar la acción de los fertilizantes al mejorar la eficiencia de recuperación y acción residual de estos. De esta manera es factible reducir significativamente el uso de fertilizantes en los cultivos, por cuanto su aprovechamiento por parte de las plantas mejora en forma importante. El guardar los nutrientes por su alta capacidad de intercambio catiónico favorece su retención y posteriormente se los entrega a la planta en forma dosificada.
- ✓ Favorece el normal desarrollo de las cadenas tróficas. La altísima flora microbiana que contiene el humus ayudara a restablecer el equilibrio en el suelo y con aquellas especies que predominan, nematodos por ejemplo, tengan competencia en sus requerimientos alimenticios y mueran por falta de ellos, o se desplacen para sobrevivir.
- ✓ Reduce substancialmente las necesidades de agua de los cultivos.
- ✓ Evita los riesgos de contaminación química de los cultivos.<sup>35</sup>

### **Efectos sobre el cultivo**

- ✓ La acción microbiana del lombricompost hace asimilable para la planta minerales como el Fósforo, Calcio, Potasio, Magnesio y Oligoelementos.

---

<sup>35</sup> BOLLO Tapia, Enzo. LOMBRICULTURA UNA ALTERNATIVA DE RECICLAJE. Quito, Ecuador. 2001. p 108.

- ✓ Neutraliza eventuales presencias contaminadoras (Herbicidas, ésteres, fosforados; debido a su capacidad de absorción.
- ✓ Mejora los procesos energéticos de los vegetales, estimulando el desarrollo radicular y favoreciendo la síntesis de ácidos nucleicos.
- ✓ Favorece la formación de micorrizas lo que incrementa la resistencia de la planta a las plagas y agentes patógenos (Bacterias y Hongos), inhibiendo el desarrollo de éstos.
- ✓ Su gran bio-estabilidad evita su fermentación impidiendo la putrefacción de las raíces de las plantas.
- ✓ Transmite directamente del terreno a la planta hormonas, vitaminas, proteínas, y otras fracciones humificadoras.
- ✓ Influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas, al aumentar notablemente el tamaño de las plantas, árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad.
- ✓ Durante el trasplante previene enfermedades y evita el shock por herbicidas o cambios bruscos de temperatura y humedad. Se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nematodos.
- ✓ Por su color oscuro es un abono que facilita la absorción de energía calórica, el incremento de CO<sub>2</sub> por oxidación, lo que favorece la fotosíntesis y por consiguiente el aumento porcentual de azúcares en frutos, lo que mejora la calidad de los productos cosechados.<sup>36</sup>

### **Modo de Empleo del Lombricompuesto**

El abono producido por las lombrices no tienen restricciones para su uso y puede ser utilizado en grandes dosis, siempre con resultados positivos en el crecimiento, producción y desarrollo de las plantas (no es perjudicial ni toxico al hombre, al ambiente o las plantas. El abono de lombrices es en este sentido un material concentrado, 100% de origen orgánico, que puede ser diluido mezclándolo con

---

<sup>36</sup> Lombricultura. FULIMAGRO [En línea] Guatemala **2010**. [Citado el 03 de agosto del 2012]  
 Disponible en la página de Internet: <http://www.fulimagro.com/>

otros materiales inorgánicos para formar un suelo completo, similar al mejor de los suelos fértiles.

Algunos tipos de plantas o cultivos no requieren grandes cantidades de materia orgánica en el suelo, mientras otras por el contrario se desarrollan mejor con altas concentraciones, la idea es determinar los requerimientos físicos y nutricionales del cultivo en el cual se piensa implementar y de esta forma realizar las mejores diluciones con la tierra del lugar para elaborar suelos o sustratos de optima calidad.

La utilización de lombricompost en los viveros e invernaderos, reduce el tiempo de estancia de las plántulas, la necesidad de riegos y de fertilizantes disueltos, mejorando su crecimiento y vigor en el momento del trasplante, además, disminuye la probabilidad de presencia de plagas y enfermedades, pues los patógenos no pueden prosperar como lo harían en un medio estéril.<sup>37</sup> Las recomendaciones de fertilización con humus puede basarse en los siguientes criterios o razonamientos:

- ✓ Resultados de aplicaciones realizadas en otros países
- ✓ Conocimiento del cultivo en varias etapas (manejo del cultivo)
- ✓ Descripción de sustratos ideales.
- ✓ Conocimiento del sustrato típico utilizado.
- ✓ Establecer el costo realizado con manejo tradicional versus costo manejo ideal.
- ✓ Diseño experimental.<sup>38</sup>

### **Cuidados:**

TEMPERATURA: más propicia para el desarrollo óptimo de las lombrices se encuentra alrededor de los 20 °C. En el extremo inferior las lombrices no pueden sobrevivir en temperaturas inferiores a 10 °C, mientras que por el otro extremo temperaturas mayores a 30 °C pueden ser mortales para ellas. Estas temperaturas extremas son difíciles de alcanzar en un medio sombreado o

---

<sup>37</sup> CAPISTRÁN, Fabricio. *et al.* Manual de reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. Veracruz, México. 2001. p 105.

<sup>38</sup> BOLLO Tapia, Enzo. Op. cit., p 108.

protegido, sin embargo pueden alcanzarse en una noche invernal o provocarse por una adición desmedida de materia orgánica fresca.

**HUMEDAD:** el riego debe ser fino para mantener húmedas las áreas de producción, en este sentido la humedad promedio más favorable para las lombrices es del 75 al 85 %. Su verificación consta de apretar un puñado del material y ver que salga unas cuantas gotas de líquido.

**AIREACIÓN:** las lombrices al igual que nosotros necesitan del oxígeno, porque respiran y eliminan el bióxido de carbono, por lo que la composta o el sustrato deberá permitir la suficiente ventilación interna para que este proceso se lleve a cabo.

**pH:** las lombrices pueden desarrollarse en un pH que se encuentre entre 5 ligeramente ácido y 8 ligeramente alcalino, pero su desarrollo óptimo se obtendría en pH de 7 neutro. Solo en casos muy extremos en el que los valores de pH se encuentren persistentemente inclinados hacia uno u otro extremo, se puede tratar de neutralizar añadiendo pequeñas cantidades de cal disuelta para casos de acidez o vinagre en forma disuelta para reducir alcalinidad.<sup>39</sup>

### **Cuadro 13. Lombricultura intensiva y compost con lombrices.**

Asunto	L. Intensiva	C. lombrices
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cría de lombrices como alimento agropecuario</li> <li>- Producción de humus como fertilizador</li> <li>- Valoración de la basura orgánica</li> <li>- Economía de terreno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción de humus como fertilizador</li> <li>- Valoración de la basura orgánica</li> <li>- Economía de terreno</li> </ul>
Cantidad de compost producido	Aproximadamente 40% de su peso inicial.	Aproximadamente 50% de su peso inicial.
Tiempo	3 meses	4 a 6 meses
producto	Humus arcilloso (humus de lombriz)	Lombricompuestos
Siembra de Lombrices	4000 lombrices por m <sup>3</sup> o 1 – 2 kg de lombriz para 1 kg de basura producida diariamente (sembrar 1 vez al comienzo de la implementación)	600 – 700 lombrices o 200 g de lombrices por m <sup>3</sup> (sembrar antes de cada implementación)

**Fuente:** RÖBEN Eva, 2002.

<sup>39</sup> MENDOZA Lenin. MANUAL DE LA LOMBRICULTURA. México, 2008. p 8 – 10.



## Manejo de Plantas

Lo más importante para el éxito de la lombricultura en el clima tropical es la protección de los lechos contra las condiciones climáticas adversas y los depredadores. Par la protección contra la lluvia, se recomienda construir los lechos bajo un techo sencillo.

Se debe tomar registro de cuanto material orgánico entro a las camas la fecha, el peso y los componentes del residuo antes de depositarlos en las camas. Se recomienda compostar el material durante 15 días antes de sembrar las lombrices. Durante ese tiempo, se puede mezclar el material una vez por semana para airear y homogenizar.

La lombriz se debe sembrar a una temperatura óptima de 20 °C, con un mínimo de 200 g/m<sup>3</sup> de semilla según el manual de comportar para municipios.<sup>40</sup>

Se debe revisar parámetros dos a tres veces en el día, la temperatura, la humedad, el pH, aireación y la densidad de las lombrices de las camas, para asegurar satisfactoriamente el proceso de transformación de los residuos orgánicos.<sup>41</sup>

### Cuadro 14: Parámetros base.

Parámetros	Descripción
Temperatura	Debe permanecer entre 20° y 30° C en el centro de la pila
pH	Entre 6 y 8
Humedad	La humedad debe estar entre el 70 y el 90%
Aireación	Observar que la consistencia se encuentre en grumos sueltos.
Densidad	Observar el numero de lombrices que se encuentran en un puñado de materia orgánica. <sup>42</sup>

**Fuente:** CAPISTRÁN, Fabricio. et al, 2001.

<sup>40</sup> Röben, Eva. Manual de Compostaje Para Municipios. Loja Ecuador. 2002. p 37.

<sup>41</sup> MENDOZA, Lenin. Op. cit., p 8 – 10.

<sup>42</sup> CAPISTRÁN, Fabricio. Op. cit., p 128.

**3.1.4.3. La Pirolización.** La pirólisis es un proceso de descomposición fisicoquímica de la materia orgánica o de material con alto contenido de carbono, es un proceso térmico, bajo la acción del calor en ausencia de oxígeno, del cual se obtienen tres fracciones (gas de pirólisis, aceite de pirolisis o bio-aceite y char o biochar) cuya proporción depende de las propiedades de la biomasa, de los parámetros de los equipos y de las condiciones en que se haya producido el tratamiento.<sup>43</sup>

La pirólisis es un proceso que ha sido desarrollado y utilizado básicamente en los países desarrollados, antiguamente se utilizaba para obtener el etanol, ácido acético, metanol y acetona; esta vía dejó de tener aplicación en el siglo XX al desarrollarse vertiginosamente la Industria Petroquímica y de la síntesis orgánica.<sup>44</sup>

**Cuadro 15: productos derivados del proceso de pirólisis.**

Fracción	Componente	Fracción	Componente
Líquida	Metanol Fenol Acetona Acetaldehído Ácido fórmico metilfulfural Etanol Aceites ligeros Otros	Gaseosa	Hidrógeno Nitrógeno Metano Etano Hidrocarburos (C4-C7) Amoníaco Oxígeno Monóxido y dióxido de carbono Otros
Sólida	Carbón Cenizas Metales Sales		

**Fuente:** Secretaría de desarrollo social, 2001.

<sup>43</sup> Secretaría de Desarrollo Social. Manual Técnico – Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal. (SEDESOL). México, 2001. p 101.

<sup>44</sup> PENEDO MEDINA, Margarita., et al. PIRÓLISIS DE BAGAZO DE CAÑA A ESCALA DE LABORATORIO, PARTE II: CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS LÍQUIDOS DE PIRÓLISIS., et al. Cuba, 2008. Revista TECNOLOGÍA QUÍMICA Vol. XXVIII, No. 3.

## **Biocarbón o biochar**

El Biocarbón o biochar es un material sólido obtenido de la carbonización de la biomasa, se puede encontrar de forma natural en los suelos de todo el mundo como resultado de los incendios de vegetación o bosques incendiarios, también se puede obtener a través de la pirolisis de la biomasa a más o menos 700 ° C (descomposición térmica en ausencia de oxígeno) este proceso crea un grano fino, con carbón altamente poroso que ayuda a los suelos a asimilar nutrientes y a retener agua. Se puede añadir a los suelos con la intención de mejorar su fertilidad.

El biochar puede aumentar la fertilidad de los suelos durante cientos o miles de años, ejemplos de prácticas ancestrales de gestión del suelo las podemos encontrar en algunas zonas del Amazonas, donde las tribus indígenas agregaban Biocarbón o como ellos la llamaban “Terra Preta” y están considerados como los suelos más fértiles y estables del planeta.<sup>45</sup>

## **Beneficios**

El biochar presenta una estructura micro-porosa que le confiere una gran superficie ( 400 m<sup>2</sup>/g ). Esto le da una gran capacidad de absorción del agua y los nutrientes y proporciona un refugio perfecto para el desarrollo de los microorganismos del suelo. Gracias a estas características, con la aplicación de biochar obtenemos los siguientes beneficios:

### **❖ Ambientales**

- ✓ Mejora la estructura del suelo y el desarrollo de la raíz.
- ✓ Aumenta la capacidad de retención de agua.
- ✓ Mayor capacidad de retención de nutrientes y disminución de las pérdidas por

---

<sup>45</sup> What is Biochar?. INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. [En línea] [Citado el 15 de mayo del 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.biochar-international.org/biochar>

lavado.

- √ Desarrollo de hongos micorízicos ( favorecen el desarrollo de la planta mediante relaciones simbióticas ).
- √ Aumento de los microorganismos fijadores de nitrógeno del suelo.
- √ Aumento de la actividad biológica del suelo gracias al desarrollo de microorganismos en sus micro-cavidades.

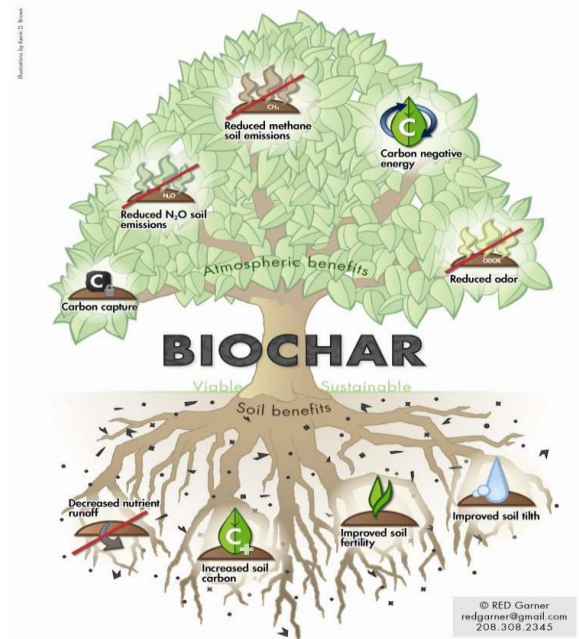
#### ❖ Económicos

- √ Aumenta la eficacia de los fertilizantes (en nuestro caso orgánicos como: lombrihumus y compostaje).
- √ Aumenta la productividad del cultivo.
- √ Autonomía en mejoradores del suelo.
- √ Diminución de costos relacionados con el consumo de agua.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Beneficios del biochar. TERRA FOSCA. [En línea] [Citado el 15 de marzo del 2011] Disponible en la página de Internet: <http://terrafosca-biochar.blogspot.com/p/espanol.html>

**Figura 3: Beneficios del biochar.**



**Fuente:** International biochar initiative, s/f.

#### ❖ **Parámetros de operación Descripción del Proceso y Tecnologías.**

A continuación se explicaran cuales son los parámetros de operación que determinan los productos derivados del proceso de pirolisis:

#### ❖ **Velocidad de calentamiento**

Cuando el calentamiento del residuo expuesto al proceso de pirolisis se realiza lentamente, favorece la producción de una elevada proporción de fracción sólida, mientras que cuando se realiza de manera rápida se favorece el aumento en las proporciones de fracciones volátiles (líquido y gases). El calentamiento rápido provoca que el tiempo de residencia de los alquitranes a temperaturas intermedias sea bajo. En la mayoría de ocasiones se producen reacciones de craqueo a elevada temperatura que favorecen la formación de sustancias gaseosas.

### ❖ **Tamaño de partícula.**

Este parámetro influye directamente sobre la velocidad de calentamiento, ya que en función de la conductividad calorífica de las mismas, para partículas de gran tamaño la velocidad de transmisión de calor disminuye y se forman perfiles de temperatura.

Entonces, si la velocidad de calentamiento es alta, se favorece la formación de líquidos en el interior de las partículas. Entre mas pequeña sea la partícula, mejor será la transferencia de calor y se formaran mayores proporciones de gases.

### ❖ **Tiempo de residencia del gas y de las partículas**

Un tiempo de residencia elevado de una fracción para unas condiciones determinadas permite favorecer las reacciones que se produzcan en ellas.

### ❖ **Temperatura**

Las temperaturas elevadas favorecen las reacciones de craqueo (en especial si el calentamiento es rápido y el tiempo de permanencia elevado) y gasificación (reacción del residuo carbonoso con vapor de agua de la humedad) que favorecen la producción de gas in situ ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  y otros gases). La temperatura también influye en la composición de las fracciones. De esta manera, las relaciones H:C y O:C en los alquitranes disminuyen con la temperatura, mientras que para la fracción sólida se produce un aumento en la proporción de C a elevadas temperaturas, lo que le proporciona un mayor poder calorífico y una estructura micro-porosa (menor resistencia mecánica)

### ❖ **Tipo de reactor**

El diseño del reactor determina la transferencia de calor por conducción, convección y radiación, y depende del tamaño de partícula disponible. No obstante, en la pirólisis de fracción resto de RSU siempre se suele utilizar un

horno rotatorio.<sup>47</sup>

### **3.2. CASO HACIENDA JUDEA**

La hacienda Judea se encuentra localizada en el Valle del Cauca, se enfoca en el manejo adecuado de los residuos de cosecha logrando una simbiosis con microorganismos beneficiosos que ayudan a mejorar el sistema radicular para acelerar y optimizar el proceso de transformación y asimilación de nutrientes.

En el año 1995 está Hacienda utilizaba métodos convencionales para la fertilización de sus tierras, se utilizaban grandes cantidades de químicos y se practicaba labranza, posteriormente se tomo la decisión de rediseñar las practicas de producción, se pararon las quemas de los residuos de cultivo de caña y se comenzó a implementar la fertilización con vinaza con el fin de utilizar insumos de carácter orgánico con altos niveles de nitrógeno y así disminuir al máximo el uso de agroquímicos.

Actualmente el manejo agronómico que se le da a la hacienda es el siguiente:

- Preparación
- Inoculación de semilla (Micro Organismos)
- Riego de germinación
- Control de malezas en preemergencia
- Resiembra
- Riego 2
- Control de Malezas
- Fertilización (kg/ha) 60 – 70.

Valores agregados obtenidos con un manejo integrado del cultivo de la caña de azúcar en la Hacienda Judea.

- Manejo sostenible, económico y necesario de los residuos.
- Incremento de la materia orgánica, disponibilidad de nutrientes en el suelo y retención de humedad
- Mejor control de malezas

---

<sup>47</sup> Pr. Dr. D. COCA Prados, José y SUÁREZ Valdés, Miguel Ángel. Métodos de tratamiento de la fracción resto de residuos sólidos urbanos (RSU) alternativos a la incineración y el vertedero. España, Noviembre del 2007. Pág. 8.

- Mejoramiento de la micro-flora del suelo.
- Mejoramiento de la brotación en yemas y desarrollo de la cepa en socas y mayor número de tallos molinables (20% de incremento).
- Incremento de la producción Hectárea - Mes.
- Reducción del 25% en fertilizantes.
- Investigación: Evaluaciones promisorias en control de insectos plaga (Diatrea y elamospalpus) con micro organismos.<sup>48</sup>

Por otro lado el ingeniero agrónomo Orlando Mora en su documento propuestas de alternativas hacia una producción sostenible en la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia, explica las diferentes presiones e impactos a los cuales están expuestos los suelos de cultivo que se manejan de forma convencional, (especialmente el monocultivo de caña) lo cual obliga a pensar en la búsqueda de diferentes alternativas que contribuyan a un máximo aprovechamiento de los recursos de la agroindustria y de las técnicas agrícolas, con el fin de obtener una producción más efectiva, limpia, sostenible, científica e inteligente del cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia.

Según Mora, “la investigación adaptativa y el desarrollo de nuevas tecnologías en el cultivo son los factores mas importantes para conseguir que el monocultivo funcione.”

A continuación se presentan las alternativas propuestas por Mora para lograr una producción sostenible:

- + Aprovechamiento de los residuos de cosecha
- + El corte verde limpio
- + Los residuos de fábrica
- + Los abonos verdes
- + Los callejones
- + Los microorganismos

La mayoría de estas propuestas se centran en el manejo eficiente de la materia orgánica derivada de las diferentes actividades del cultivo de caña, ya sea reincorporándola al cultivo directamente o transformándola para la elaboración de abonos verdes los cuales pueden ser utilizados para mejorar las características de los suelos de cultivo.<sup>49</sup>

---

<sup>48</sup> Entrevista con Eduardo Gutiérrez, Ingeniero Agrónomo, Santiago de Cali, 05 de Octubre de 2012.

<sup>49</sup> Mora, Orlando. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS HACIA UNA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZONA AZUCARERA DE COLOMBIA. Colombia, S/F.



### 3.3. MARCO LEGAL

\*Ley 23 del 12 de diciembre de 1973. Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de recursos naturales y de Protección al medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.

Compromete todos los artículos ya que son de suma importancia para el manejo y la protección de los habitantes y los recursos ambientales

\*Ley 101 de 1993. Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero

\*Ley 99 del 22 diciembre de 1993. Definen los principios de la gestión ambiental

En el territorio nacional a través de la creación del Ministerio del Medio Ambiente y del Sistema Nacional Ambiental SINA.

Artículo 1º.- *Principios Generales Ambientales*. La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales:

El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.

Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables. (ley 99, 1993)

\*Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974 (código de los recursos naturales).

Este código tiene por objeto lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional y equitativa de los recursos naturales renovables.

\*Decreto 614 de 1984. por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país.

\*Decreto 1843 de 1991. Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas.

\*Decreto 948 de 1995 en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

Decreto 1791 del 4 de octubre de 1996. (régimen forestal). Tiene por objeto regular las actividades de la administración pública y de los particulares respecto al aprovechamiento, uso, manejo y conservación de los bosques y la flora silvestre, se enfoca en el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sustentable. Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua. Reglamentación para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guadua, cañabrava y bambúes.

\*Decreto 806 de 1998. por el cual se reglamenta la afiliación al Régimen de Seguridad Social en Salud y la prestación de los beneficios del servicio público esencial de Seguridad Social en Salud y como servicio de interés general, en todo el territorio nacional.

\*Decreto 1609 del 2002. por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

\*Decreto 4741 de 2005. por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

\*Decreto 1299 del 2008 departamento de gestión, por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones.

\*Decreto 3930 de 2010 usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

\*Resolución 2400 de 1979. Por el cual se establecen algunas sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

\*Resolución 2013 de 1986. Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo Los Ministros de Trabajo y Seguridad Social y de Salud en ejercicio de la facultad que les confiere el artículo 25 de Decreto 614 de 1984.

\*Resolución 1016 de 1989. Por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país.

\*Resolución DG número 0058 Bis del 26 de enero de 2006 la Corporación otorgó permiso colectivo de emisiones atmosféricas para la práctica de quemas abiertas controladas, en áreas rurales, para la recolección de cosechas de caña de azúcar, en jurisdicción del departamento del Valle del Cauca, a los Ingenios Agremiados a la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar, Asocaña, y se adoptan otras decisiones.

\*Resolución 2115 del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

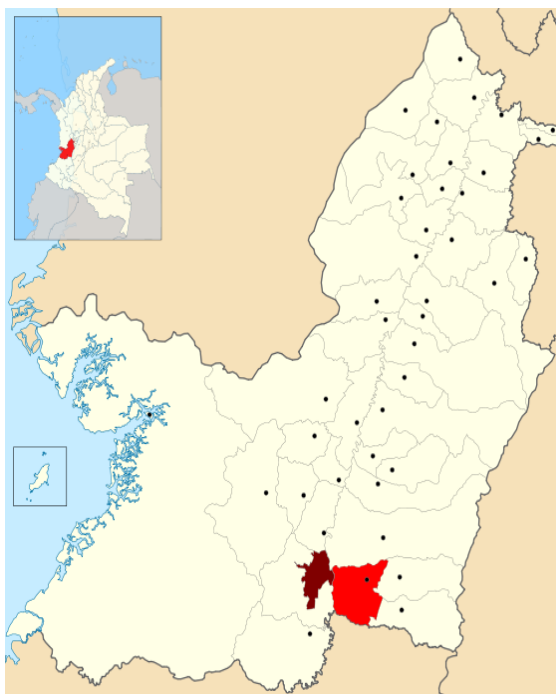
\*Código sustantivo del trabajo. La finalidad primordial de este Código es la de lograr la justicia en las relaciones que surgen entre empleadores y trabajadores, dentro de un espíritu de coordinación económica y equilibrio social.

## 4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. ÁREA DE ESTUDIO

**4.1.1. Localización.** Políticamente la Hacienda Balsora, se localiza en el Corregimiento El Lauro, jurisdicción del Municipio Candelaria, Departamento del Valle del Cauca, con una extensión superficial de 277,9 hectáreas. Este predio se encuentra dentro de las Coordenadas Planas 1078500 Este y 881125 Norte en su parte central, las vías de acceso a la Hacienda Balsora son, la vía Palmira-Candelaria y en el Corregimiento el Lauro se toma el callejón Balsora 4 km hasta encontrar la casa de habitación.

**Figura 4. Mapa Ubicacion de Candelaria en el Valle del Cauca**



**Fuente:** Wikipedia commons 2012.

**Figura 5. Mapa Georeferenciacion Hacienda Balsora**



**Fuente:** Google Earth 2012 y datos obtenidos del GPS.

Los limites de la Hacienda son:

Norte: Hacienda Mira Flores y Hacienda San Luis

Sur: Predios del Ingenio Mayaguez

Oriente: Hacienda San Jacinto

Oeste: Hacienda Balsorita Rivera y Hacienda Galicia<sup>50</sup>

#### **4.1.2. Descripción Biofísica del Predio**

##### **Climatología:**

- **Altura:** La Hacienda Balsora se ubica en el Valle del Rio Cauca en la margen izquierda aguas abajo, a una altura de 950 m.s.n.m.
- **Temperatura:** Piso térmico cálido con una temperatura promedio de 25° C.

---

<sup>50</sup> Entrevista con Rodrigo Rodríguez, Administrador de campo de la Hacienda Balsora, Santiago de Cali, 03 de Octubre de 2012.

- **Vientos:** En horas de la mañana los vientos tienden a cierta calma, en horas de la tarde predominan vientos fuertes con dirección Sureste.
- **Humedad Relativa:** 25%
- **Hidrología:** La Hacienda Balsora se encuentra dentro de la Cuenca del Rio Bolo, afluente del Rio Cauca.
- **Suelos:** Son suelos aptos para el establecimiento de cultivos mecanizados tales como: caña de azúcar, ganadería o el establecimiento de cultivos de pan coger.
- **Topografía:** El predio de la Hacienda Balsora tiene una morfología plana que dan origen a los valles aluviales, caracterizándose por tener pendientes de 3% al 5%.

**4.1.3. Tipos de suelos de la Hacienda Balsora.** La Hacienda Balsora posee suelos franco-arenosos y franco-arcillosos, (en estas dos gamas se encuentran los suelos molisoles que están en formación) predominando los de tipo arcilloso, aunque, se pueden observar algunas betas de arena en sitios determinados haciendo que el desarrollo del cultivo en estos sitios sea mucho mas lento.<sup>51</sup>

## 4.2. MARCO CONTEXTUAL

En 1945 la hacienda Balsora solo se dedicaba a la ganadería, se utilizaba ganado doble propósito, (leche y carne) pero, su principal objetivo era el engorde para la obtención de carne, el manejo se hacia mediante un sistema convencional, en el que sus terrenos eran utilizados para la implementación de lotes para el pastoreo.

En 1965 se introdujo en la mitad de la finca algunos cultivos de granos (maíz, frijol, sorgo y soya) en un sistema convencional (riego por gravedad y full labranza). En el año 1975, a raíz de los buenos resultados obtenidos, se decidió implementar el cultivo de granos en todo el terreno de la finca, además, se introdujo el riego por aspersión utilizando cañones de agua. En el mismo año se realizaron los respectivos análisis de suelos, donde se observo que la materia orgánica presente estaba en un rango de 2.5 a 2.8%.

---

<sup>51</sup> Entrevista con Eduardo Gutiérrez, Ingeniero Agrónomo, Santiago de Cali, 05 de Octubre de 2012.

Fue así como en 1991 con la famosa revolución verde se decidió implementar el cultivo de caña (*Saccharum officinarum* L.) en la totalidad de los terrenos de la finca, donde todas las labores se realizaban con maquinaria pesada, agroquímicos, fertilizantes químicos, madurantes (todo el paquete tecnológico de la revolución verde).

En 1992 se cambio el sistema de riego por gravedad a un sistema más efectivo que es el riego de tubería por ventanas, donde se llevo a ahorrar hasta un 50% del agua consumida anteriormente, además, se tomo la decisión de llevar todo los registros del consumo de agua, cuantos  $\text{cm}^3$  por Ha, numero de riegos al mes, etc. En el 2002 se empieza a pensar en la disminución del uso de insumos químicos, especialmente los fertilizantes Nitrogenados, se cambia la fertilización granular por liquida (uso de vinazas que es componente orgánico). En el año 2003 se incorporan los microorganismos para la transformación de nutrientes no exequibles por el sistema radicular de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) estos son encargados de transformar los nutrientes presentes en la materia orgánica disponible en el suelo para que sea asimilable por la raíces de la caña, y así disminuir el uso de fertilizantes sintéticos.

En el año 2006 se decide parar totalmente la practica de quema de residuos de cosecha de el cultivo de caña, utilizando estos residuos como aporte de materia orgánica a los suelos, se suspende también el uso de madurantes, estas nuevas practicas demuestran con cifras que la producción por Ha aumenta y los costos de fertilización química disminuyen.

2010 se incorpora en el sistema de riego el uso del caudal reducido aumentando la eficiencia del efecto del agua mejorando la permeabilidad y el tiempo de humedad en el suelo.

Posterior a esto en el año 2012 se pone en experimento el uso de un estructurador de moléculas de agua (nanotecnología) que mejora la estructura física del agua fraccionándola en partes mas diminutas para lograr una mejor absorción de la raíz y posiblemente fraccionar los metales pesados presentes en el agua. gracias a las diferentes practicas implementadas, se ha logrado mejorar notablemente la estructura de los suelos, el porcentaje de materia orgánica es mas elevado y el consumo de agua ha disminuido paulatinamente.

Actualmente se están realizando practicas enfocadas en la transformación y uso eficiente de la materia orgánica derivada de los diferentes procesos productivos de

la hacienda, (lombricompostaje y pirólisis) con el fin de mejorar las características físicas de los suelos y en un futuro eliminar por completo la utilización de fertilizantes químicos.<sup>52</sup>

#### **4.3. DIAGNOSTICO**

Se realizó la georeferenciación para la elaboración de un mapa de zonificación, en el cual se determinaron los puntos de origen de materia orgánica, el centro de acopio del material y el lugar donde se construirá la planta para la transformación de materia orgánica (lombricompostaje).

Articulando lo anterior, se realizó un diagnóstico detallado de los residuos orgánicos derivados de las diferentes actividades de la hacienda Balsora, (podas de jardines, residuos orgánicos de las cocinas, residuos obtenidos del cultivo de guadua, las pesebreras, cercas vivas y residuos de arboles frutales) mediante la caracterización y recolección de datos correspondientes a la cantidad en semanas y origen de la materia orgánica que se propone transformar.

Para la caracterización de los residuos orgánicos fue necesario identificar los diferentes puntos de origen:

#### **Cuadro 16: Puntos de origen de materia orgánica.**

<b>Punto de origen</b>
Cocinas. (Central y mayordomo).
Jardines.
Frutales.
Pesebreras.
Guadual.

Se tomó en cuenta solo los residuos de origen orgánico (material vegetal y animal) y de origen mineral (rocas y cenizas), estos residuos fueron analizados según su composición para que en su transformación en los distintos procesos planificados

---

<sup>52</sup> Entrevista con el Doctor Guido Mauricio López Ochoa, Propietario de la Hacienda Balsora, Santiago de Cali, 05 de Octubre de 2012.



(lombricompostera y pirolización) sean ricos en los materiales requeridos para la fertilización y abono del cultivo de la caña de azúcar.

Para la caracterización de los residuos disponibles para la transformación, se elaboro la siguiente tabla, la cual :

**Cuadro 17. Caracterización del material orgánico.**

Fecha	Material	Cama	Carretadas	Peso Kg

La carreta fue debidamente pesada, con el fin de analizar la cantidad de materia orgánica que ingresaba a las camas de lombricompost y así tener un registro de la cantidad total transformada. El material orgánico fue dividido en 2 grupos de la siguiente forma: material verde (residuos orgánicos provenientes de las cocinas, podas de los jardines y frutales) y pesebrera (cagajón proveniente de las caballerías mezclado con cisco y boñiga proveniente del corral de ordeño)

**Cuadro 18. Análisis del peso de las carretas con material orgánico.**

Pesos Carretas			
carreta sola	19 kg	kg	Kg
Material verde	50 kg	-19	31
pesebrera	90 kg	-19	71

Los residuos de comida que han sido sometidos a diferentes procesos para su preparación, tienen altos contenidos de grasas y sales, los cual pueden afectar la vida de nuestros agentes descomponedores (microorganismos, algunos macroinvertebrados y lombrices). Estos residuos son triturados para la preparación de un pate para alimentación de los perros o sometidos al proceso de pirolización.

Para los demás residuos inorgánicos como, plásticos, papel, vidrio, se ha dispuesto una ramada en la cual serán almacenados, con el fin de ser entregados a un reciclador o buscar una planta de acopio.

Es necesario que en el área de cocina se tenga especificado tres contenedores plásticos, donde se realizara la separación para determinar su disposición final.

- Contenedor Verde: todo tipo de residuos de comida que no tenga contenido de grasa ni sal (vegetales, cascara de frutas, cascara de huevo etc.), papel cartón, todo tipo de papel que no tenga químicos ni residuos de grasa o sal.
- Contenedor Gris: todo tipo de desperdicios de comida, sobrados, comida pasada, huesos etc. Que han tenido algún proceso de preparación.
- Contenedor azul: todo tipo de plásticos, icopor, vidrio, latas, servilletas, papeles, cajas tetra-pack etc.

**Figura 6: Canecas para separación.**



### **PLANTA DE LOMBRICOMPOSTAJE PARA LA HACIENDA BALSORA**

El objetivo principal de la construcción de la planta de lombricompostaje es transformar los residuos orgánicos de la Hacienda Balsora en un abono orgánico rico en nutrientes primarios, producto de las lombrices, garantizando el mejoramiento de las características físicas de los suelos para la producción cañera y la reincorporación de un desecho en su proceso productivo.

La construcción de la planta se realizó en un área previamente referenciada, la cual se encuentra en un espacio abierto, donde se hace fácil el manejo de la materia orgánica a transformar y del producto final.

Se inició construcción el día miércoles 30 de mayo con dos trabajadores de planta y finalizaron el 28 julio.

**Figura 7. Área para la construcción de la planta para lombricompostaje.**



**Figura 8. Construcción de la planta.**



**Fuente:** Los autores, 2012.

El área de la planta es de 60 m<sup>2</sup>, el techo se construyó a una altura de 2 m sobre el suelo, para su construcción fue necesario la utilización de guaduas, tejas zinc, maya y plástico. Estas camas se encuentran bajo techo para protegerlas de los efectos naturales como exceso de sol y lluvia, y así conservar los parámetros en óptimas condiciones para beneficiar la reproducción de las lombrices y al mismo tiempo acelerar el proceso de transformación de materia orgánica.

**Figura 9. Planta para lombricompostaje terminada.**



La construcción de la planta de Lombricompostaje tuvo una duración total de 24 días, ya que la disposición del personal se vio limitada por las prioridades en las actividades productivas de la Hacienda Balsora.

A continuación se presentan los costos totales de la construcción de la planta y la cantidad de material utilizado:



**Cuadro 19. costos totales de la construcción y materiales de la planta de lombricompostaje.**

Resumen Construcción	
	Costo
<b>Materiales</b>	2520959
<b>Mano de obra</b>	957128
<b>Total</b>	3478087

**Cuadro 20. Material utilizado para la construcción.**

	Material Gastado										
	Guadua	Amarra	Puntilla 2'	Puntilla 2.5'	Puntilla 3'	puntilla 4'	A. Dulce	teja Zinc	plastico	maya	
Cantidad	300	210	3	9	8	5	8	39	32	20	<b>Total</b>
Costo	6000	80	1638	1638	1765	3276	2586	12069	2207	4600	
Valor	1800000	16800	4914	14742	14120	16380	20688	470691	70624	92000	

**Figura 10. Planta para lombricompostaje terminada.**



**4.3.1. Manejo de la Planta de Lombricompostaje.** Lo más importante para el éxito de la lombricultura en el clima tropical es la protección de los lechos contra las condiciones climáticas adversas y los depredadores. Para la protección contra la lluvia, se recomienda construir los lechos bajo un techo sencillo.

Para el caso Balsora se tomo registro de las diferentes actividades y características del procedimiento de transformación (lombricompostaje), mediante una tabla en la cual se tendrán en cuenta los parámetros: fecha de ingreso, características del desecho (estiércol, hojarasca, frutas, etc.), volumen inicial, operaciones realizadas (volteo, riego, toma de temperatura, etc.) (tabla 12). Es necesario llevar un registro escrito de los parámetros medidos en las diferentes camas, ya que basados en estos podemos realizar un seguimiento actual e histórico de la transformación y de los materiales que han sido utilizados.

**Cuadro 21. Análisis de parámetros del lombricompostaje.**

fecha	hora	Parámetros			
		pH	Humedad %	temperatura	Cama

**Preparación:** La forma de verter el material será por capas de 3 a 5 cm a de grosor, (40% estiércol, 60% desechos vegetales) esto para evitar la compactación del material por el peso mismo, en las ocho (8) camas pertinentes adecuando una por una dando tiempo de cuatro (4) días para el proceso.

Inicialmente se dispuso de una capa no mayor a 10 cm ni menor a 5 cm de heces bovinas y equinas provenientes de las pesebreras, y corral de ordeño, el cual deben estar compostadas por un tiempo de 10 días y mojadas con abundante agua, iniciando su proceso de descomposición, así evitamos las altas temperaturas del material en las camas; posteriormente se le agregaron capas de material vegetal no leñoso intercalada con las heces bovinas y equinas hasta completar el nivel de las camas formando una pirámide.

La lombriz se sembró a una temperatura óptima de 20 °C, se utilizaron 5 kg/m<sup>2</sup> de lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*), la cual fue escogida debido a su resistencia a altas temperaturas y a su rápida reproducción.

**Figura 11. Lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*)**



Se debe revisar parámetros una vez en el día, la temperatura (camas) la humedad, el pH, aireación y la densidad de las lombrices de las camas, para asegurar satisfactoriamente el proceso de transformación de los residuos orgánicos.

**4.3.2. Procedimiento.** pH: Introducir el peachímetro en diferentes lugares de la pila y verificar que su rango se encuentre entre (6 y 8), si se encuentra por debajo de 5 se debe de agregar Cal y si se encuentra por encima de 8 agregarle papel periódico picado.

**Temperatura:** Para determinar la temperatura se debe introducir el aquater en diferentes puntos de la pila, los resultados deben estar entre 20 y 30°C, si están por encima de este rango se deben realizar volteos para airear y disminuir la temperatura.

**Humedad:** La humedad se debe revisar diariamente, para esto es necesario observar si la superficie de la pila esta seca e insertar el aquater en diferentes sitios para determinar el porcentaje de humedad que se debe encontrar entre 70 y 90%, si es necesario se debe agregar agua para humedecer la pila.

**Densidad y Aireación:** para estos dos parámetros se utiliza el método de llenado por capas de 5 cm máximo por día, rotándose en las 4 camas existentes dando un tiempo de proceso a las lombrices de 4 días evitando la compactación y manteniendo la porosidad del sustrato.

**Figura 12. Peachímetro**



**Figura 13. Termómetro**





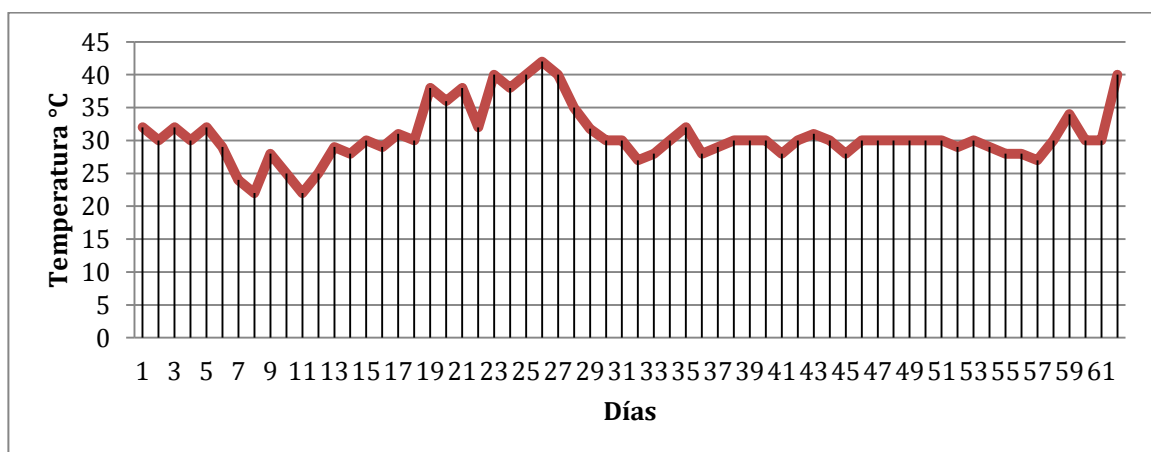
**Cuadro 22. Costos del mantenimiento de la planta de lombricompostaje.**

Resumen Mantenimiento	
Materiales	117160
Personal	126912
<b>Total 1 mes</b>	<b>244072</b>

Mantenimiento		
Materiales	Costo	
Peachimetro	103240	
Termometro	13920	
<b>Total</b>	<b>117160</b>	
Personal		
horas mes	costo	<b>total</b>
48	2644	<b>126912</b>

### Analisis de parametros

**Figura 14. Grafico Análisis de Temperatura julio - agosto.**

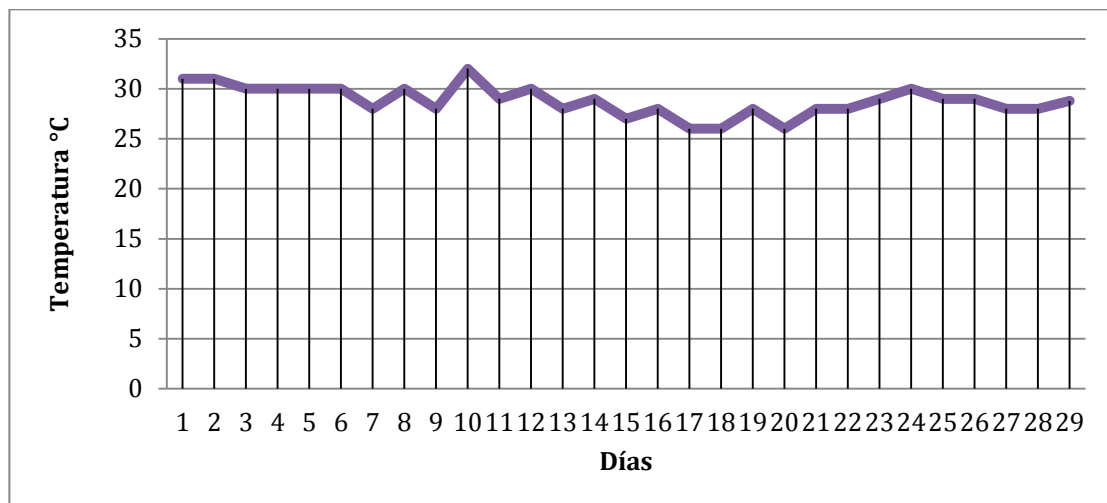


El resultado de la medición de los parámetros expuestos en los gráficos anteriores nos han llevado a implementar un rediseño en la forma de las pilas (al inicio eran lechos planos y ahora serán lechos en forma piramidal) (figura 15) y a aplicar un volteo diario, ya que en algunas fechas el promedio de la temperatura se ha encontrado por encima de lo normal, lo que podría producir la muerte de las lombrices.

**Figura 15. Pilas en forma triangular o piramidal.**

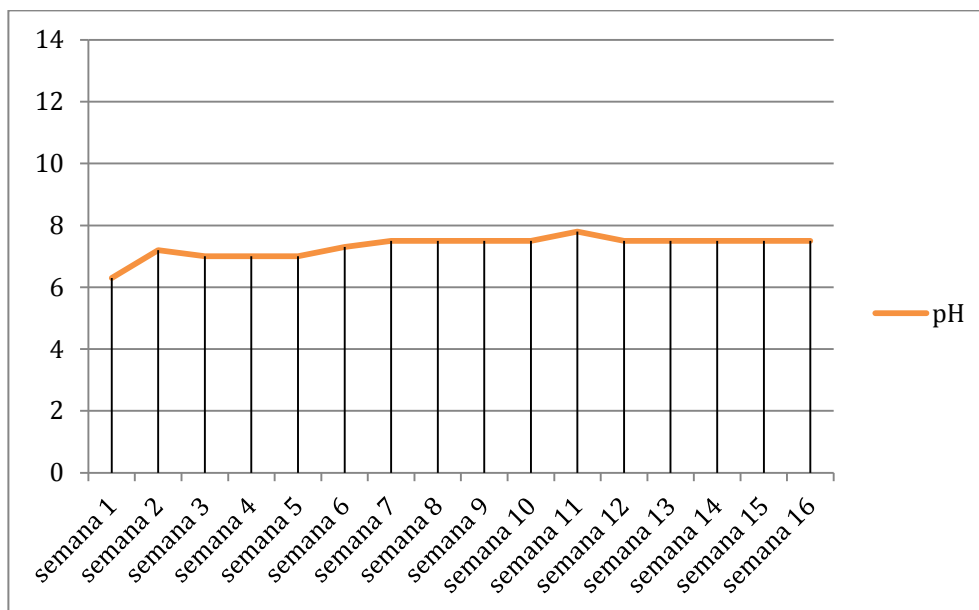


**Figura 16. Grafico Análisis de Temperatura septiembre**

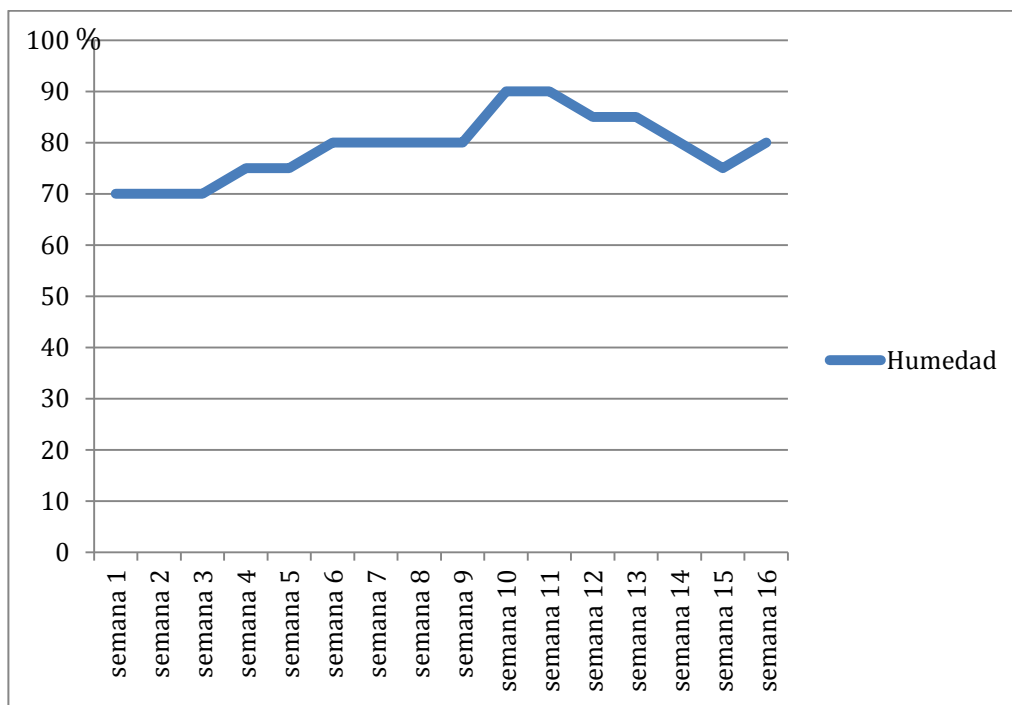


Los datos de temperatura obtenidos en el mes de septiembre demuestran que el rediseño en el forma de las pilas y los volteos diarios han mejorados las condiciones, debido a que la pila se encuentra aireada lo que contribuye con la disminución de la temperatura.

**Figura 17 Grafico Análisis de pH julio - agosto - septiembre.**



**Figura 18.Grafico Análisis de humedad julio - agosto - septiembre.**



Por otro lado, el pH y la humedad se encuentran dentro del rango optimo, con pequeñas variaciones en la humedad que dependen directamente del tiempo utilizado para el riego.

A continuación se presenta el estado de resultados y el análisis costo beneficio del proyecto, teniendo en cuenta que no se tomaron costos del transporte del producto final, ya que el material va a ser utilizado en la misma hacienda, este ejercicio se hizo con el fin de lograr un análisis aproximado del tiempo de retorno de la inversión.

### **Cuadro 23. Estado de resultados.**

<b>PROYECTO CAMAS DE LOMBRICOMOST</b>	
<b>Estado de resultado</b>	
<b>AÑO 1</b>	
<b>Ingresos operacionales</b>	
Actividades lombrices	8.000.000
Costos de ventas	<b>2.022.944</b>
Utilidad bruta	5.977.056
<b>Total inversión</b>	<b>3.478.087</b>
<b>Gastos de administración</b>	
Mantenimiento (peachimetro, termómetro x1)	117.160
Papelería	10.000
Otros gastos	20.000
Total gastos de administración	147.160
Utilidad	2.351.809

#### **Cuadro 24: Análisis costo/beneficio**

RELACION Costo/Beneficio	
INGRESOS TOTALES	16.800.000
EGRESOS TOTALES	7.248.823
=	2,32
La relación de beneficio costo es de \$ 2,32 por cada peso gastado	

El flujo de caja nos ha arrojado resultados positivos, nos demuestra que es un proyecto viable, ya que los análisis exponen que la inversión realizada se puede recuperar en un periodo corto de tiempo, esto debido a que los costos que se deben invertir en mantenimiento son muy bajos y que la materia prima es producida netamente por los procesos de podas y mantenimiento de pesebreras dentro de la Hacienda, procesos que se realizan normalmente y que dejan residuos que no se estaban aprovechando eficientemente. Cabe resaltar, que el producto obtenido de las camas de lombrices no se pondrá en venta, ya que será utilizado en las diferentes actividades de la hacienda (jardines y betas de arena en algunas suertes del cultivo de caña para mejoramiento de las características físicas del suelo).

#### **4.4. BIO-CARBON**

La Hacienda Balsora cuenta con un guadual de aproximadamente seis hectáreas (5 Ha y 9000 mts<sup>2</sup>), el cual se encuentra en estado de quietud natural desde el año 2009, ya que el aprovechamiento y mantenimiento se ejecuto en forma parcial. A este bosque se le ha dado un manejo inadecuado, en el momento solo tiene como función principal proporcionar materia prima (guaduas sobremaduras) para la construcción en distintos requerimientos de las diferentes actividades productivas.

Para la hacienda Balsora es de suma importancia la implementación de estrategias encaminadas a la conservación y uso sostenible del guadual, ya que en el encontramos la fuente de materia prima para el desarrollo de varias actividades productivas y económicas (materia prima pirolización y comercialización). Es por esto que se propone utilizar los residuos derivados del guadual para la pirolización, y así generar un abono de alta calidad que en un futuro pueda suplir las necesidades de fertilizadores sintéticos utilizados en los suelos dedicados al cultivo de caña.

#### **4.4.1. Importancia Económica**

La conservación del guadual puede generar los siguientes beneficios económicos:

- ✓ Generación de materia prima para producción del Biocarbón en la pirolización.
- ✓ Venta de guadua madura para su comercialización.
- ✓ Materia prima para construcciones en las diferentes actividades de la hacienda.

#### **4.4.2. Importancia Ambiental**

- ✓ Albergue para la fauna.
- ✓ Retención y conservación de agua.
- ✓ Captación de CO<sub>2</sub> producción de O<sub>2</sub>.
- ✓ Protege y mejora la calidad de la micro cuenca el Bolito.

El martes 3 de julio hubo una reunión con personal de Agropuestos Ríos y con ingenieros de Univalle y Cenicaña, con el fin de analizar las dimensiones y planos para la construcción del horno pirolizador.

El horno fue entregado el día 4 de octubre, para su construcción se utilizaron materiales reciclados que se encontraban disponibles en la Hacienda, consta de 3 tanques de acero inoxidable y galvanizado, un cilindro externo donde se vierte el material encargado de proporcionar el combustible para lograr la pirolización, un cilindro interno en el cual se encuentra el material pirólizado (biochar) y una chimenea por la cual son eliminados algunos gases.

**Figura 19. Horno pirólizador terminado.**



#### **4.5. RECURSOS Y MATERIALES**

##### **Generales**

- 2 computadores portátiles.
- Transporte (oficinas – hacienda).
- Papelería y útiles.
- Bases de datos.
- Internet.
- GPS.
- Bascula.

##### **Aprovechamiento Gradual**

- Plan de Manejo Ambiental.

- Permiso o concesión por la CVC.
- Transporte de Guadua.
- 

### **Composteras y Lombricompuesto.**

- Trituradora de residuos orgánicos.
- Guaduas.
- Tierra negra.
- Semilla lombriz.
- Termómetro.
- Peachímetro.
- Utensilios de trabajo (pala, pica, carretillas, etc.)
- 

### **Bio-Carbón.**

- Utensilios de trabajo (pala, pica, carretillas, etc.)
- horno pirolizador



## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El éxito de las estrategias propuestas consiste en la mejora continua de los diferentes programas, es por esto que se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Construir o comprar puntos ecológicos para la separación y clasificación de los residuos sólidos. Diseñar un centro de acopio para la disposición y almacenamiento de los residuos sólidos diferentes a la materia orgánica, buscando la comercialización de estos y así generar ingresos extra.

Se recomienda construir pisos de cemento para las cama de lombricompuesto, ya que en algunas se encontraron perforaciones hechas por roedores lo cual esta provocando perdida del material transformado.

Es necesario buscar fuentes con mas contenido de nitrógeno como heces animales o plantas, las cuales pueden disminuir el tiempo de transformación, ya que actualmente la materia utilizada tiene gran porcentaje de carbono (cisco) haciendo mas lento el proceso, además, se recomienda adquirir una trituradora de podas la cual disminuya el tamaño de las partículas y sean de más fácil digestión para las lombrices.

El manejo de los diferentes residuos derivados de las actividades productivas de la finca contribuyen con la disminución de costos, ya que mediante la adecuada transformación del material orgánico disponible en la finca, se puede mejorar la estructura del suelo de las zonas arenosas presentes en el cultivo de caña de azúcar, las cuales tienen poca retención de agua debido al tamaño de sus poros.

La concientización de todo el personal de la empresa tanto directivo como administrativo y de campo, respecto al manejo y el cuidado que se le debe dar al medio ambiente y a los recursos naturales, la participación activa y reciproca, el intercambio de saberes y conocimientos no solo mejoran la calidad del medio ambiente si no la calidad del cultivo, la eficiencia de las labores, reduce el tiempo operativo, aumenta la efectividad en el uso de recursos naturales, disminuye costos y fomenta las relaciones interpersonales.

## BIBLIOGRAFÍA

BARBADO, José Luis, Cría de lombrices. Argentina, 2003 p 84.

BARRERA, Gilma Inés y PALOMINO Aguirre, Sandra. Granja integral autosuficiente. Colombia, 2004. p 353.

Beneficios del biochar. TERRA FOSCA. [En línea] [Citado el 15 de marzo del 2011] Disponible en la página de Internet: <http://terrafosca-biochar.blogspot.com/p/espanol.html>

BOLLO Tapia, Enzo. LOMBRICULTURA UNA ALTERNATIVA DE RECICLAJE. Quito, Ecuador. 2001. p 108.

CAPISTRÁN, Fabricio. *et al.* Manual de reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. Veracruz, México. 2001. p 105 – 128.

CARDONA pareja, Raúl Alexander, *et al.* Fortalecimiento del desempeño ambiental empresarial, a través del programa de producción más limpia y consumo sostenible del Área Metropolitana del Valle de Aburra. Revista producción + limpia. Julio – Diciembre 2010. Vol. 5 No. 2. p. 10–14.  
Corporación Autónoma de Magdalena (CORPOMAG). Plan de manejo ambiental. [en línea] 2011. [citado el 12 de junio de 2012] Disponible en la página de Internet: [http://www.corpamag.gov.co/index.php?Itemid=84&id=64&option=com\\_content&task=view](http://www.corpamag.gov.co/index.php?Itemid=84&id=64&option=com_content&task=view)

Cría de lombrices. jumaguismo, [En línea] 2009. [Citado el 15 de marzo del 2011] Disponible en la página de Internet: <http://jumaguismo.tripod.com/lombrices.html>  
DE LAS SALAS, Gonzalo. La materia orgánica del suelo. Costa rica, 1981. p 2.  
Entrevista con Rodrigo Rodríguez, Administrador de campo de la Hacienda Balsora, Santiago de Cali, 03 de Octubre de 2012.

Entrevista con Eduardo Gutiérrez, Ingeniero Agrónomo, Santiago de Cali, 05 de Octubre de 2012.

Entrevista con el Doctor Guido Mauricio López Ochoa, Propietario de la Hacienda Balsora, Santiago de Cali, 05 de Octubre de 2012.

¿Exclusión o recomposición del campesinado en América Latina?, Viabilidad cultural y ambiental de sistemas de producción rurales. El caso de Asproinca en Riosucio - Supía. Colombia. Corrales Roa, Elcy. [En línea] Colombia, 2007.[Citado el 28 de abril del 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.reseau-amerique-latine.fr/ceisal-bruxelles/RUR/RUR-1->

## CORRALES.pdf

FOSCAL, Hospital Verde con Excelencia. [En línea] febrero 2011. Fundación oftalmológica de Santander, Clínica Carlos Ardila Lule. (FOSCAL) [citado el 19 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.foscal.com.co/prensa/noticias/foscal-hospital-verde-con-excelencia>  
Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). La importancia de la materia orgánica en los suelos. Editorial Andrea Bachelet. Republica Dominicana, 2008.

GÓMEZ Gallo, *María Helena. et al.* Manual de introducción a la producción más limpia en la industria. Centro Nacional de Producción más limpia. Colombia. 2006. Pág. 12.

GROS, A. Y DOMÍNGUEZ, A. Abonos guía práctica de la fertilización. 8va. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España, 1992. p 450.

Gutiérrez Moreno, Pascual David; Varela Córdoba, Paulo José; Reuman, Ricardo. Beraca XXI, al encuentro de nuestra vocación agrícola. Memorias Universidad 2008. Cuba, 2010. Editorial Universitaria. p 5.

HERRERA, Carlos Manuel. La Evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia 1992-2007. Octubre del 2007.

JULCA Otiniano, Alberto. Et al. LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIAS DE SU USO EN LA AGRICULTURA. Chile, 2006. P 49-61. Revista IDESIA. Vol. 24 N. 1.

LABRADOR Moreno, Juana. La materia orgánica en los agrosistemas. España, 1996. P 21.

La importancia de la materia orgánica en los suelos. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Editorial Andrea Bachelet. Republica Dominicana. 2008.  
La granja ecológica integral. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACION [En línea]. México s/f [citado el 20 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/La%20granja%20ecológica%20integral.pdf>

La granja integral una alternativa para productores. Gallardo, Miriam [En línea].Venezuela 1995. [citado el 29 de febrero de 2012] Disponible en la página de Internet: [http://www.biblioteca.cotecnova.edu.co/material\\_biblioteca/agropecuaria/fernandogomez/LaGranjaIntegralunaalternativaparapequenosproductores.htm](http://www.biblioteca.cotecnova.edu.co/material_biblioteca/agropecuaria/fernandogomez/LaGranjaIntegralunaalternativaparapequenosproductores.htm)

La materia orgánica del suelo. Ing. Agr. Alfredo Silva [en línea] . [citado el 25 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/Materia%20Organica/organica.pdf>

Lombricultura: desarrollo sostenible. Cuba: Editorial Universitaria, 2007. p 3.

Lombricultura. FULIMAGRO [En línea] Guatemala **2010**. [Citado el 03 de agosto del 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.fulimagro.com/>

LOPEZ OCHOA, Guido Mauricio. XXXIX Asamblea anual ordinaria de la asociación Colombiana de productores y proveedores de caña de azúcar. Cali. Revista Procaña, Junio 2012, edición 98, pág. 4 – 7

Manual de producción mas limpia. [En línea] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. (ONU DI) [citado el 18 de septiembre de 2012] Disponible en la página de Internet: [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Environmental Management/CP ToolKit spanish/PR-Volume 01/1-Textbook.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental Management/CP ToolKit spanish/PR-Volume 01/1-Textbook.pdf)

MENDOZA Lenin. MANUAL DE LA LOMBRICULTURA. México, 2008. p 8 – 10.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política Nacional de Producción Más Limpia. Editorial Gente Nueva. Santa fe de Bogotá, 1997. Primera Edición. p 9 – 46.

Mora, Orlando. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS HACIA UNA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZONA AZUCARERA DE COLOMBIA. Colombia, S/F.

Palomino Aguirre, Sandra. Manual: Granja Integral Autosuficiente. Colombia, 2004. p 10.

PENEDO MEDINA, Margarita., et al. PIRÓLISIS DE BAGAZO DE CAÑA A ESCALA DE LABORATORIO, PARTE II: CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS LÍQUIDOS DE PIRÓLISIS., et al. Cuba, 2008. Revista TECNOLOGÍA QUÍMICA Vol. XXVIII, No. 3.

Pr. Dr. D. COCA Prados, José y SUÁREZ Valdés, Miguel Ángel. Métodos de tratamiento de la fracción resto de residuos sólidos urbanos (RSU) alternativos a la incineración y el vertedero. España, Noviembre del 2007. p 8.

Producción más limpia. Induambiental. [en línea]. [citado el 12 de junio de 2012]

Disponible en la página de Internet:  
<http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=182211>

Querney, Hugo. El ecodiseño como propuesta para el futuro ecológico. El Cid Editor Argentina, 2009. p 8.

¿Que es la producción mas limpia?. [En línea] Centro Nacional de Producción Mas Limpia de Panamá. [citado el 5 de agosto de 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.cnpml.org.pa/portal/quienes-somos.html>

Röben, Eva. Manual de Compostaje Para Municipios. Loja Ecuador. 2002. p 37.

SCHULDT, Miguel. Lombricultura: teoría y práctica. Madrid España, 2004.

Secretaria de Desarrollo Social. Manual Técnico – Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal. (SEDESOL). México, 2001. p 101.

THOMPSON, Louis M. y TROEH, Frederick R. Los Suelos y Su Fertilidad. Editorial Reberté. España, 1998. p 137-140.

VAN HOOFF, Bart y HERRERA, Carlos Manuel. La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. Colombia, Noviembre 2007. Revista de Ingeniería. No. 26, p. 101-120.

What is Biochar?. INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. [En línea] [Citado el 15 de mayo del 2012] Disponible en la página de Internet: <http://www.biochar-international.org/biochar>

Wikipedia commons 2012. Mapa Candelaria Valle del Cauca. [En línea] [Citado el 15 de agosto del 2012] Disponible en la página de Internet: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia - Valle del Cauca - Candelaria.svg?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Valle_del_Cauca_-_Candelaria.svg?uselang=es)